



OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS S.A.

SARA MARIA DE BASTOS PEIXOTO LAGES

Outubro de 2011

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA

RAMO OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA QUÍMICA



OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, S.A.

Sara Maria de Bastos Peixoto Lages

Novembro 2011

Orientação: Dra.Simone Morais
Co-Orientação: Dra.Anabela Guedes

AGRADECIMENTOS

Não esquecendo aquele AMIGO especial que está sempre comigo e que nunca me abandona DEUS, nem o meu querido Pai, que sei estar orgulhoso de mim onde quer que esteja, dedico este meu projeto à pessoa que foi, é e será a grande companheira e o pilar da minha Vida: a minha MÃE! Orgulho-me muito de ti. És a melhor MÃE do Mundo!

Aproveito também a agradecer a todas as pessoas que fizeram com que fosse possível a concretização deste meu trabalho:

- ao Miguel, à minha família e amigos que se privaram da minha presença e apoio, devido à necessidade e prioridade dada por mim no decorrer da realização desta tese;
- à empresa Simoldes Plásticos, SA em facultar-me todos os meios e recursos nesta dissertação, particularmente nas pessoas do Eng. António Guimarães como meu orientador da empresa, Eng. Pedro Fonseca e sr. Vieira cruciais na vertente prática no desenrolar das medições, permitindo a obtenção dos resultados experimentais e calculados;
- às orientadoras do Instituto Superior de Engenharia do Porto, Dra. Simone Morais e Dra. Anabela Guedes pela disponibilidade dispensada;
- à empresa Efacec, na pessoa do Eng. Pedro Guimarães na parte da energia solar;
- ao Eng. Alexandre Oliveira pela sua disponibilidade e ajuda pelas informações/conhecimento fornecidos através da sua experiência;
- à empresa Captágua no Eng. Hugo Carvalho pelo apoio na vertente das perfurações geotérmicas;
- à empresa Bensaude Spratley salientando a grande atitude e enorme profissionalismo na pessoa do Eng. Martim Spratley na área de geotermia;
- ao Eng. Ricardo Lima como consultor da Geotermia de Portugal e Eng. Luís Silva da empresa Energia.pt pelas suas consultorias à empresa em estudo.

Mais uma vez, fica o meu muito obrigada a todas estas pessoas que ficam no meu coração e que foram fonte de inspiração nesta longa caminhada que, embora com momentos menos positivos, constituíram uma oportunidade de conhecimento nesta área de energias renováveis (solar e geotérmica), consciencializando-me que é sem dúvida uma área muito aliciante e que será o futuro para a construção de um Mundo melhor !!!

SUMÁRIO

A empresa Simoldes Plásticos, S.A. tem como atividade a injeção de peças plásticas para o ramo automóvel. O objectivo deste projeto foi sugerir a aplicação de medidas que permitam diminuir o consumo energético na empresa Simoldes Plásticos, S.A.

Realizou-se um levantamento das ineficiências energéticas. Foram sugeridas três soluções com vista à redução energética.

A primeira opção corresponde à colocação de mantas térmicas que têm como função reduzir as perdas de calor dissipadas na zona do fuso das máquinas de injeção. Concluiu-se que o custo de investimento é de 15.233 € com um prazo de retorno de 5 meses. É de salientar que se torna mais rentável para máquinas com força de fecho ≥ 400 toneladas, apresentando um ganho económico anual de 39.119 €/ano.

A segunda situação corresponde à implementação de energia solar fotovoltaica dado o valor elevado dos consumos/custos energéticos na empresa em análise, e por esta energia ser renovável, permitindo a microgeração. Estudaram-se 4 opções com diferentes marcas de painéis solares e concluiu-se que a mais interessante é a colocação de 22 painéis monocristalinos de C-Si ocupando uma área total de 27,7 m². O seu custo de investimento é de 18.513 € com um prazo de retorno de 4,3 anos. A nível de poupança, esta opção origina um valor de 3.205 €.

A terceira opção corresponde à implementação de energia geotérmica. Estudou-se uma situação diferente da convencional, equivalendo a furos abertos comunicantes. Assim, o projeto consiste na passagem da água dos moldes a cerca de 20°C por uma bomba geotérmica, retornando a 12°C. O custo deste investimento para 10 refrigeradores é de 1.125.000 €, com um prazo de retorno de 4 anos.

Globalmente, o investimento total das três situações tem um custo de 1.155.806 € gerando um ganho anual de 295.103 €, com um período de retorno total de 4,3 anos.

Palavras-chave: Otimização energética, indústria de injeção peças plásticas, mantas térmicas, energia solar fotovoltaica, energia geotérmica

SUMMARY

The Simoldes Plastics, S.A. produces injection plastic parts for the automotive industry. The work in this thesis aimed to suggest the application of measures to reduce energy consumption. Three solutions were proposed.

The first option corresponds to the placement of thermal blankets in the injection molding machines in order to reduce the dissipated heat losses. The investment cost is 15.233 € with a return period of 5 months. It should be noted that it is more profitable for machines with clamping force ≥ 400 tons. The annual economic gain is 39.119 €.

The second suggestion concerns the application of the photovoltaic solar energy. This type of energy was considered due to the high value of consumption / energy costs in the company under review and because it is a renewable energy that allows microgeneration. Four options were evaluated and the more interesting results were obtained by the placement of 22 monocrystalline panels C-Si (total area of 27.7 m²). The investment cost is € 18.513 with a return period of 4.3 years.

The third option corresponds to the implementation of geothermal energy. A situation different from the conventional geothermal holes, equivalent to communicating open holes was studied. Thus, the project consists of passing water at 20°C from the tools through a geothermal pump, must return water at about 12 °C. The cost of this investment for 10 refrigerators is 1.125.000 €, with a return period of 4 years.

Overall, the total investment of the three suggestions corresponds to a value of 1.155.806 €, representing an annual gain of 295.103 € and a total payback period of 4.3 years.

Keywords: Energy optimization, thermal blankets, solar photovoltaic energy, geothermal energy.

ÍNDICE

1.	<i>EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, S.A.</i>	1
1.1.	DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO DE UMA PEÇA PLÁSTICA	2
1.2.	CARATERIZAÇÃO ENERGÉTICA DA EMPRESA	6
1.3.	ENQUADRAMENTO DO TRABALHO	10
2.	<i>IMPLEMENTAÇÃO DE MANTAS TÉRMICAS</i>	11
2.1.	ANÁLISE DA POTÊNCIA ELÉCTRICA	12
2.2.	ANÁLISE ECONÓMICA	15
3.	<i>ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA</i>	19
3.1.	ELEMENTOS CONSTITUINTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO	22
3.2.	DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ELETROPRODUTOR	24
3.3.	TIPO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS	27
3.4.	FUNCIONAMENTO DE UMA CÉLULA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	30
3.5.	POTÊNCIA PRODUZIDA POR UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA	32
3.6.	FATORES QUE AFETAM O RENDIMENTO DE UMA CÉLULA	35
3.7.	IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA	37
3.7.1.	ANÁLISE ECONÓMICA	40
4.	<i>ENERGIA GEOTÉRMICA</i>	41
4.1.	TIPOS DE ENERGIA GEOTÉRMICA	42
4.2.	CONDUÇÃO DE CALOR	44
4.3.	IMPLEMENTAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA	51
4.3.1.	CÁLCULOS PARA A OPÇÃO DA ENERGIA GEOTÉRMICA CONVENCIONAL.....	51
4.3.2.	CÁLCULOS PARA A OPÇÃO DE FUROS ABERTOS	53
4.3.3.	ANÁLISE ECONÓMICA	54

5.	<i>ANÁLISE ECONÓMICA GLOBAL</i>	56
6.	<i>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO</i>	57
7.	<i>LISTA DE REFERÊNCIAS</i>	59

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 – ESQUEMA GERAL DA EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, S.A.	1
FIGURA 2 – PARTES CONSTITUINTES DE UMA MÁQUINA DE INJEÇÃO	2
FIGURA 3 – EXEMPLO DE UM MOLDE PARA A INJEÇÃO DE UMA PEÇA PLÁSTICA PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL.....	2
FIGURA 4 – EXEMPLO DE UM PRODUTO FINAL, PEÇA PLÁSTICA PARA A INDÚSTRIA AUTOMÓVEL	3
FIGURA 5 – FLUXOGRAMA DA ZONA TÉCNICA	4
FIGURA 6 – TUBAGENS DOS A) COMPRESSORES E B) TANQUES.....	5
FIGURA 7 – PERCENTAGEM RELATIVA DO CONSUMO ENERGÉTICO DE CADA SETOR NO CONSUMO TOTAL DA EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, S.A.	7
FIGURA 8– CONSUMOS E RESPECTIVOS CUSTOS ENERGÉTICOS MENSIS NA EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, S.A. ENTRE JANEIRO DE 2009 E NOVEMBRO 2010.....	8
FIGURA 9 – CUSTOS ENERGÉTICOS MENSIS <i>VERSUS</i> NÚMERO DE HORAS TRABALHADAS ENTRE O MÊS DE JANEIRO DE 2009 E NOVEMBRO DE 2010.....	9
FIGURA 10 – FUSO DE UMA MÁQUINA DE INJEÇÃO SEM QUALQUER TIPO DE ISOLAMENTO TÉRMICO.....	11
FIGURA 11 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DAS PERCENTAGENS RELATIVAS DE ENERGIA ELÉTRICA NOS DIFERENTES COMPONENTES COMPONENTES NA MÁQUINA DE INJEÇÃO	14
FIGURA 12 – COMPARAÇÃO ENTRE OS VALORES DE INVESTIMENTOS E OS RESPECTIVOS PRAZOS DE RETORNO DOS TRÊS FORNECEDORES DE MANTAS TÉRMICAS: CENTI SUPPORT, ROS E JARRY.	18
FIGURA 13 – FUNCIONAMENTO DE UM GERADOR FOTOVOLTAICO	22
FIGURA 14 – A FORMAÇÃO DO PAINEL FOTOVOLTAICO DESDE A CÉLULA.....	22
FIGURA 15 - EXEMPLOS DE ALGUNS PAINÉIS.....	27
FIGURA 16- PAINÉIS SOLARES A-Si FABRICADOS	FIGURA 17 - PAINÉIS SOLARES A-Si
FABRICADOS	SOBRE TELHAS DE VIDRO
	SOBRE
AÇO-INOX.....	
	28
FIGURA 18 - CORTE TRANSVERSAL DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA SOB A AÇÃO DA RADIAÇÃO SOLAR	32
FIGURA 19 – REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA CURVA CARACTERÍSTICA $P=F(V)$ DE UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA [60, 61].....	33
FIGURA 20 – EFEITO DA INTENSIDADE DA RADIAÇÃO SOLAR NOS VALORES DE CORRENTE E TENSÃO NA CÉLULA FOTOVOLTAICA [60, 61]	35
FIGURA 21 – FLUXOS DE ENERGIA NUM COLECTOR	36

FIGURA 22 – ESTUDO DA ÁREA DE PROJETO PARA A IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	37
FIGURA 23 – TROCAS DE CALOR NO PLANETA TERRA [2].....	41
FIGURA 24– PRINCIPAIS APLICAÇÕES DA ENERGIA GEOTÉRMICA EM FUNÇÃO DAS TEMPERATURAS DE OPERAÇÃO [63].....	43
FIGURA 25 – ESQUEMA REPRESENTATIVO DO FLUXO DE CALOR NUM MEIO ISOTRÓPICO [2]	44
FIGURA 26 – CURVA GEOTÉRMICA QUE RELACIONA A TEMPERATURA COM A PROFUNDIDADE [2]	46
FIGURA 27 – TRANSFERÊNCIA DE CALOR NUM FURO GEOTÉRMICO [66,67,68,69,70 E 71]	47
FIGURA 28 – DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DE UM FURO GEOTÉRMICO E SUAS COORDENADAS [2].....	48
FIGURA 29 - VALORES MÉDIOS DAS TEMPERATURAS EXTERIOR E DA ÁGUA DOS MOLDES ENTRE JANEIRO E SETEMBRO 2010.....	52
FIGURA 30 - SIMULADOR PARA A DETERMINAÇÃO DE POTÊNCIA ELÉCTRICA CONSUMIDA, COP ASSIM COMO POTÊNCIA	54

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 – CONDIÇÕES DE PROCESSAMENTO AQUANDO DA REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES DE POTÊNCIA ELÉTRICA.....	12
TABELA 2 – RESUMO DAS MEDIÇÕES DE CONSUMOS ENERGÉTICOS ENTRE A SITUAÇÃO ATUAL SEM ISOLAMENTO TÉRMICO E COM MANTAS TÉRMICAS PARA A MÁQUINA EN 1100 II (MOLDES Nº6552 E 6709) E KM 1000 III (MOLDE 5306)	13
TABELA 3 – VALORES DE GANHOS ENERGÉTICOS GLOBAIS (%) E RELATIVOS (%) REFERENTES À COLOCAÇÃO DE MANTAS TÉRMICAS NO FUSO DA MÁQUINA DE INJEÇÃO	14
TABELA 4 – GANHOS ENERGÉTICOS ANUAIS COM A COLOCAÇÃO DE MANTAS TÉRMICAS NAS MÁQUINAS COM TONELAGEM IGUAL OU SUPERIOR A 400 TON (JARRY).....	15
TABELA 5 – VALORES DE INVESTIMENTOS E PRAZOS DE RETORNO PARA OS TRÊS FORNECEDORES: (CENTI SUPPORT (I), ROS (II) E JARRY(III))	17
TABELA 6 – RENDIMENTOS TÍPICOS, QUER EM SITUAÇÕES REAIS, QUER REGISTRADOS EM LABORATÓRIO, ASSIM COMO RENDIMENTOS MÁXIMOS OBTIDOS EM APLICAÇÕES DE PAINÉIS DE C-Si.....	30
TABELA 7 – INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS DA EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, SA	37
TABELA 8 – ESTIMATIVA DA ENERGIA MÉDIA PRODUZIDA (DIÁRIA E MENSALMENTE) PELO SISTEMA ELETROPRODUTOR.....	38
TABELA 9 – VALORES DE NÚMERO E ÁREA DE PAINÉIS PARA DIFERENTES MARCAS E MODELOS DE MÓDULOS FOTOVOLTAICOS COM UM INVERSOR DO TIPO SUNNY BOY-3800 SMA; (CARATERÍSTICAS NO ANEXO I)	39
TABELA 10 - VALORES DE INVESTIMENTO E PERÍODO DE RETORNO PARA CADA TIPO DE MÓDULO FOTOVOLTAICO.....	40
TABELA 11 - TABELA RESUMO DOS VALORES DAS TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DE ÁGUA DOS QUATRO REFRIGERADORES, TEMPERATURAS EXTERIOR E ÁGUA DOS MOLDES	52
TABELA 12 – VALORES MÉDIOS CALCULADOS PARA A OBTENÇÃO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO	52
TABELA 13 – DADOS DE NÍVEL DE ÁGUA PARA VERIFICAÇÃO DE COMUNICAÇÃO ENTRE OS DOIS FUROS	53
TABELA 14 – CUSTOS DE INVESTIMENTO PARA AS DUAS OPÇÕES DE FUROS ABERTOS	55
TABELA 15 – CUSTO ENERGÉTICO PARA AS DUAS OPÇÕES DE FUROS ABERTOS.....	55
TABELA 16 – CUSTO DE INVESTIMENTO E PRAZOS DE RETORNO PARA AS DUAS OPÇÕES A NÍVEL DE IMPLEMENTAÇÃO DE GEOTERMIA	55
TABELA 17 – OPÇÕES SELECIONADAS PARA CADA OPORTUNIDADE DE OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA SIMOLDES PLÁSTICOS S.A.	56

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS

A - ÁREA DE JUNÇÃO (mm^2)

EDP – ELETRICIDADE DE PORTUGAL

E1 – POTÊNCIA REFLETIDA NAS SUPERFÍCIES INTERNA E EXTERNA DO VIDRO (W)

E2 – POTÊNCIA REFLETIDA PELA PRÓPRIA SUPERFÍCIE (W)

I – CORRENTE ELÉCTRICA (A)

I_{CC} – CORRENTE ELÉCTRICA DO CIRCUITO (A)

I_{PM} – INTENSIDADE DA CORRENTE ELÉCTRICA CORRESPONDENTE À POTÊNCIA MÁXIMA (A)

I_R – INTENSIDADE DE CORRENTE GERADA POR RADIAÇÃO SOLAR (A)

I_0 – CORRENTE ELÉCTRICA DO CIRCUITO (A)

J_0 – DENSIDADE DA CORRENTE ELÉCTRICA ASSOCIADA À CORRENTE I_0 (A/m^2)

L- CAPACIDADE VOLUMÉTRICA (L)

P- POTÊNCIA FORNECIDA PELA CÉLULA FOTOVOLTAICA (W)

Q_1 – POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 1 (W)

Q_2 – POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 2 (W)

Q_3 – POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 3 (W)

Q_4 – POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 4 (W)

R – RESISTÊNCIA ELÉCTRICA (OHM)

R_c – RESISTÊNCIA DE CARGA (OHM)

V – D.D.P. –UNIDADE DE TENSÃO ELÉTRICA (VOLT)

ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

Para que a dissertação seja de fácil compreensão, dividiu-se em seis partes distintas:

1. EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, S.A.

Nesta primeira parte, faz-se a caracterização da empresa em estudo, desde o seu ramo de actividade, à descrição do processo de fabrico, bem como do funcionamento da área técnica. Proceda-se ao enquadramento desta empresa, identificando possíveis oportunidades de diminuir os consumos e custos energéticos mensais.

2. IMPLEMENTAÇÃO DE MANTAS TÉRMICAS

Após a definição de mantas térmicas, faz-se o cálculo do ganho a nível energético e a análise económica deste investimento para as máquinas de injeção em que este se considera rentável.

3. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Nesta parte, descreve-se outra opção para minimizar os custos energéticos na Simoldes Plásticos, S.A., a aplicação da energia solar fotovoltaica por microgeração.

4. ENERGIA GEOTÉRMICA

Após uma breve descrição deste tipo de energia, apresentam-se as possibilidades a explorar na Simoldes Plásticos, S.A.

Cada uma das partes 2-4 incluem introdução (parte teórica), descrição experimental, resultados/discussão e conclusão.

5. ANÁLISE ECONÓMICA GLOBAL

Após a descrição técnica, e respetivas análises económicas, das três opções sugeridas para otimizar energeticamente a empresa Simoldes Plásticos, SA, é feita uma síntese e análise económica global na eventualidade de se implementar as três situações.

No final das quatro partes é apresentada ainda uma conclusão geral e sugestões para trabalho futuro (sexta secção).

Sara Lages

1. EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, S.A.

A Simoldes Plásticos, S.A. (figura 1) é uma multinacional do grupo Simoldes da divisão Plásticos localizada e sediada em Oliveira de Azeméis. Este grupo é constituído por quinze empresas, dez das quais localizadas em Oliveira de Azeméis, uma em França, três no Brasil e uma na Polónia.

A empresa Simoldes Plásticos, S.A. iniciou a sua laboração na década de 80. Tem como principal ramo de atividade a injeção de peças plásticas para o setor automóvel, possuindo 49 máquinas de injeção de duas marcas: Engel (EN) e Krauss Maffei (KM) com gamas entre 150 a 3200 toneladas de força de fecho. Trabalha para o mercado de várias marcas, tais como Renault, VW, PSA, Seat, sendo um dos poucos grupos do setor que fornece diretamente os grandes construtores mundiais. Possui tecnologia de ponta e realiza estudos de conceção e acompanhamento/seguimento de grandes projetos. A Simoldes Plásticos, S.A. tem como principal filosofia de trabalho a melhoria contínua.

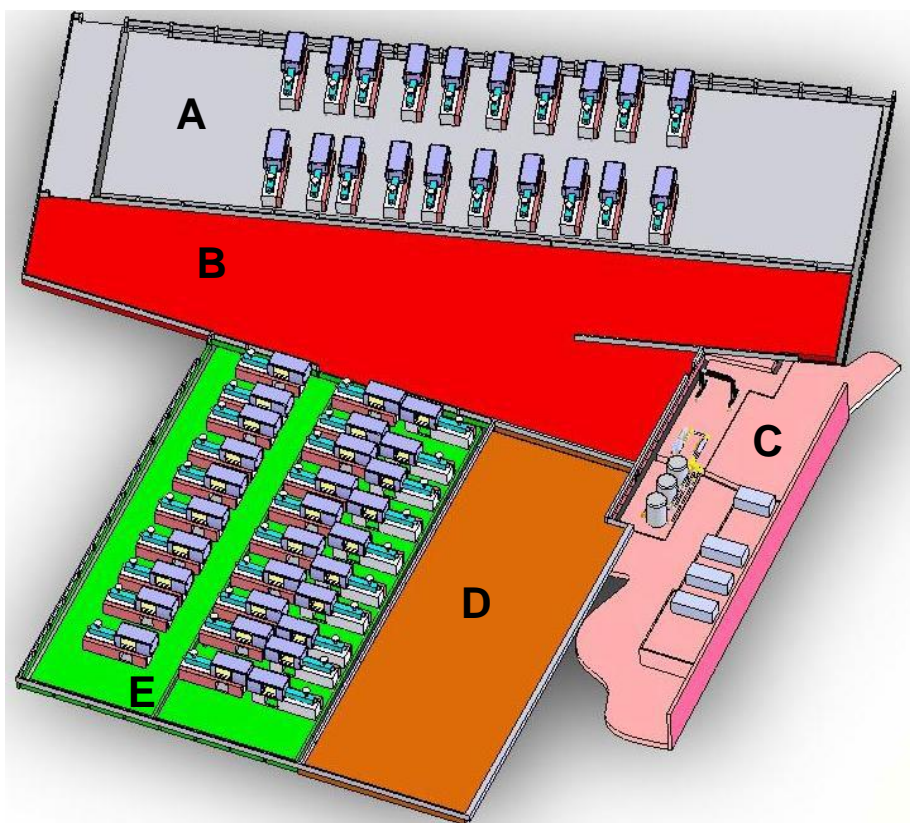


Figura 1 – Esquema geral da empresa Simoldes Plásticos, S.A.

1.1. DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE FABRICO DE UMA PEÇA PLÁSTICA

Nesta indústria, a matéria-prima é o polímero antes de sofrer qualquer transformação. Este é uma macromolécula à qual se pode adicionar corantes ou antiestáticos.

Relativamente ao processo de injeção, o polímero é aspirado para uma tremonha que está acoplada à respetiva máquina de injeção e introduzido na câmara de plastificação (figura 2), para posteriormente sofrer a moldação através da ferramenta, o molde (figura 3).

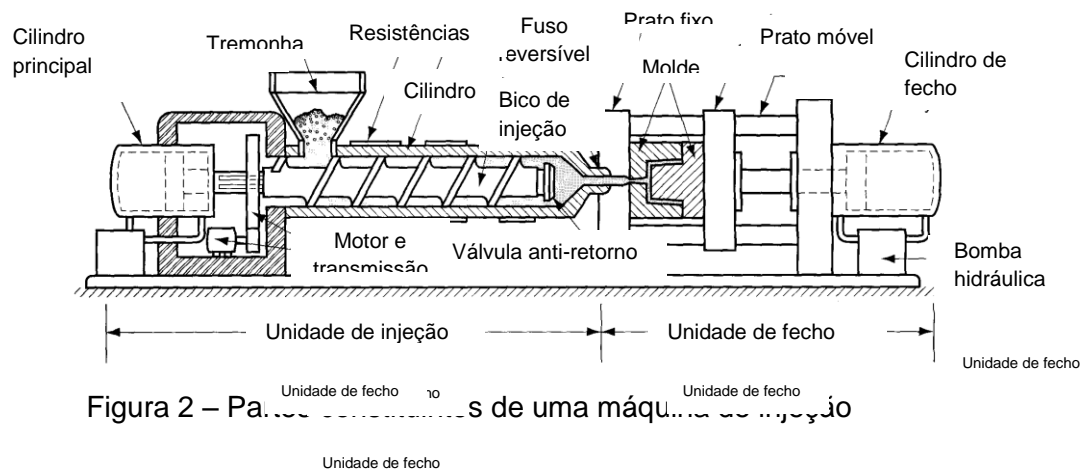


Figura 2 – Partes de uma máquina de injeção

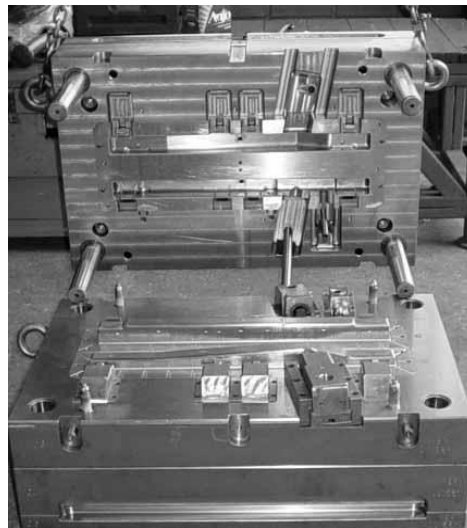


Figura 3 – Exemplo de um molde para a injeção de uma peça plástica para a indústria automóvel

O processo de injeção de uma peça plástica decorre segundo as seguintes etapas:

- **Fecho do molde** - é o início do ciclo de injeção; deverá ser o mais rápido possível e depende de dois fatores: a complexidade do molde e a capacidade da máquina;
- **Injeção** - neste momento, o fuso avança, atuando como um pistão, injetando o plástico fundido para o interior do molde;
- **Pressurização** - dá-se a continuidade da pressão do fuso sobre o plástico por forma a compensar a contração deste;
- **Arrefecimento do molde** - ocorre a solidificação do polímero;
- **Plastificação** - há um recuo do fuso, associado a uma rotação, fundindo-se o material para a próxima injeção;
- **Abertura do molde** - tal como o fecho do molde, a abertura deverá ser o mais rápido possível para que não comprometa a qualidade da peça;
- **Ejeção** - corresponde à desmoldagem da peça plástica através de extractores com a ajuda de um robot e de uma mão-presa. Finalmente, ter-se-á o produto final que é a peça plástica (figura 4).



Figura 4 – Exemplo de um produto final, peça plástica para a indústria automóvel

A zona técnica é o sistema hidropneumático com o seguinte modo de funcionamento:

- ✓ A água que sai do depósito A encontra-se a uma temperatura de 17°C; esta vai para a máquina de injeção tendo como finalidade arrefecer os moldes, possuindo um *by-pass* podendo ir parte para os depósitos B e C (figura 5) ;
- ✓ A água que sai da máquina de injeção (tanto dos moldes como do permutador de calor de óleo) da nave 2/3 vai para o depósito B e os referentes ao da nave 5 vão para o depósito C, isto para evitar que o refrigerador trabalhe com a água diretamente proveniente da máquina de injeção, porque este necessita de um caudal constante. A água proveniente do refrigerador volta novamente para o depósito A (figura 5);
- ✓ Do depósito C sai a água que vai para os quatro refrigeradores e para os permutadores de óleo para arrefecer o circuito hidráulico (figura 5).

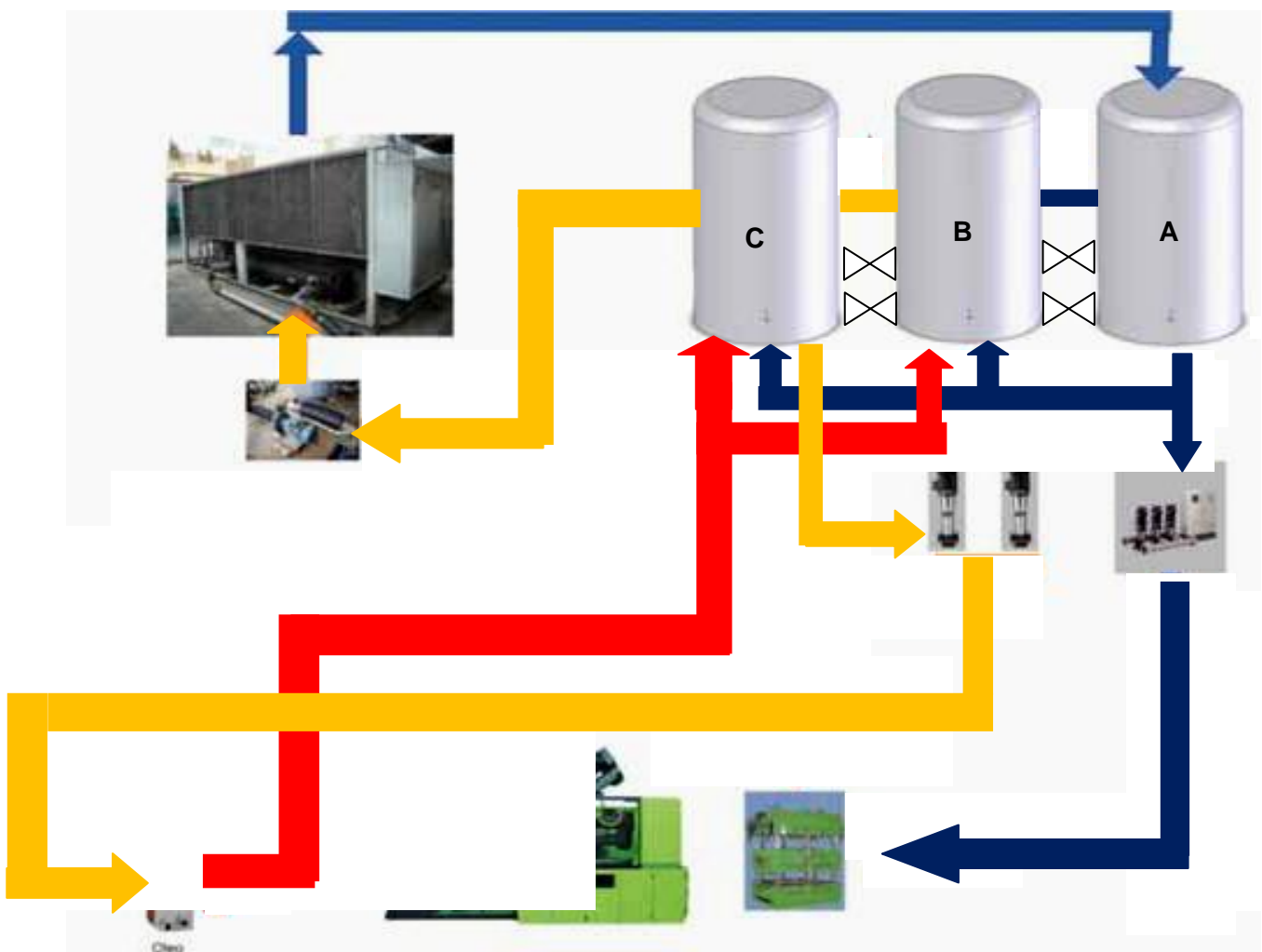


Figura 5 – Fluxograma da zona técnica

Através de uma análise geral da zona técnica, constatou-se seis grandes ineficiências:

- as tubagens localizadas nos compressores não estão isoladas termicamente (figura 6)

a)



b)



Figura 6 – Tubagens dos a) compressores e b) tanques

- O calor do arrefecimento do óleo das máquinas está a ser debitado para a atmosfera, sem qualquer tipo de aproveitamento;
- Não há balanceamento entre os caudais geradores de frio e as respetivas necessidades de fabrico, isto é, existem três tanques cada um com uma capacidade de 25.000 L. Um serve de água de refrigeração das máquinas de injeção, um segundo para refrigeração de água dos moldes para a nave 5 e um terceiro de arrefecimento de água para os moldes da nave 2/3;
- Verificação de uma sobrecarga dos refrigeradores na zona técnica; estes estão sujeitos a grandes variações de temperatura: por um lado, a temperatura da água de entrada deve estar abaixo dos 20°C e por vezes ocorrem situações de valores acima dos 22°C; por outro lado, suportam grandes diferenças de temperatura ambiente, entre as estações de Inverno e Verão, provocando desta forma, grandes perdas de eficiência (anexo A, figura A.1);
- Falta de ventilação nas valas técnicas que provoca um aumento de carga térmica, acabando por elevar a temperatura da água;
- Constatação de situações de máquinas de injeção que estejam em manual, mas com o motor de aquecimento ligado, ocorrendo assim desperdício de energia;

Conjuntamente a este levantamento, fez-se ainda um “inventário” das bombas e respectivas características sintetizado no anexo B, tabela B1.

1.2. CARATERIZAÇÃO ENERGÉTICA DA EMPRESA

Atendendo ao ramo de atividade da Simoldes Plásticos, S.A., injeção de peças plásticas para o setor automóvel, existem quatro grandes vertentes responsáveis pelo elevado consumo elétrico da empresa:

- a potência motriz dissipada pelos motores das respetivas máquinas de injeção e pelas bombas de circuito que fazem acionar a máquina;
- a potência de aquecimento da câmara de injeção libertada pela energia calorífica das máquinas;
- a potência motriz das máquinas de frio; a refrigeração é necessária nas seguintes situações:
 - no arrefecimento do polímero após ter atingido o ponto de plastificação. A peça conformada terá de ser solidificada de um modo controlado, através de um fluxo de água que circula nos canais dos moldes;
 - no arrefecimento do óleo por intermédio de um permutador de calor; este aciona a injetora, pois não pode operar a mais de 50°C da temperatura do óleo;
 - no arrefecimento do molde que é efetuado por água do circuito dos moldes a cerca de 16°C. Quando é necessário temperaturas mais baixas, coloca-se uma máquina de frio portátil junto ao molde;
- iluminação na sua globalidade, associada à iluminação da fábrica e da parte administrativa, assim como no que se refere a consumos de ar condicionado, computadores.

A figura 7 representa a percentagem relativa do consumo energético de cada setor no consumo energético total da empresa Simoldes Plásticos, S.A.. Os valores foram obtidos através da Manutenção Assistida Computorizada. (anexo C, figuras C.1, C.2, C.3 e tabela C.1).

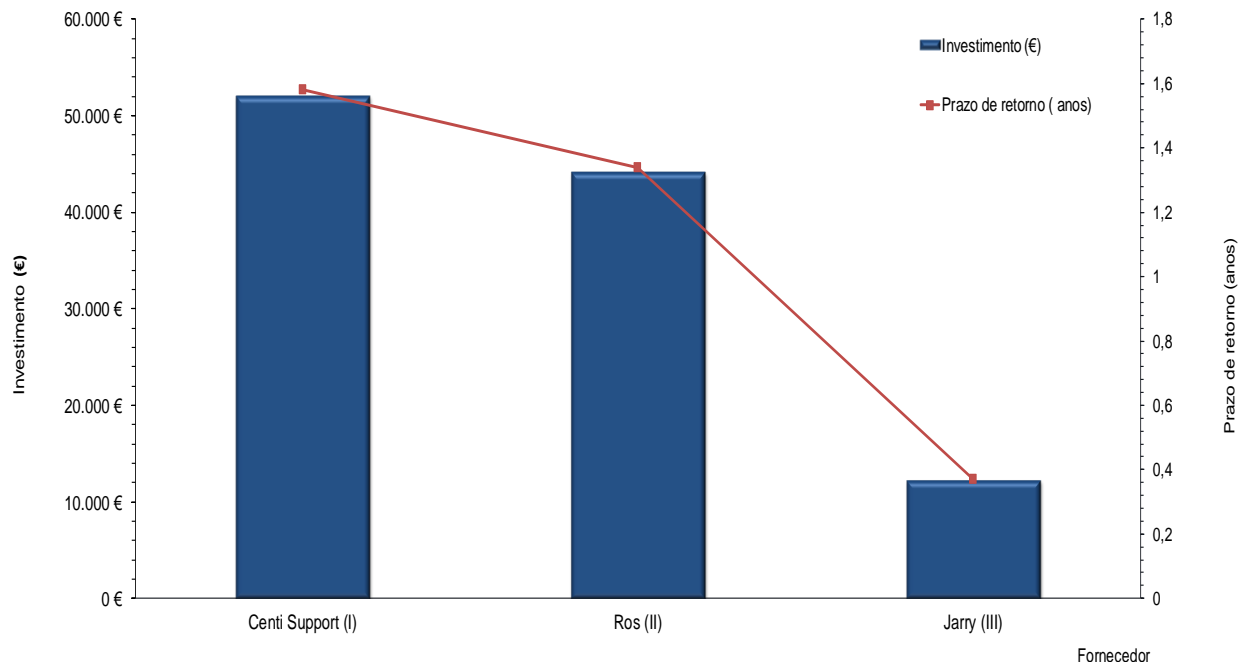


Figura 7 – Percentagem relativa do consumo energético de cada setor no consumo energético total da empresa Simoldes Plásticos, S.A.

Foi efetuado um levantamento dos consumos e respetivos custos energéticos mensais (figura 8), admitindo que o preço médio do kW.h é de 0,0833€ (regime de fatura de longas utilizações tetrahorário com ciclos semanais, incluindo feriados). A empresa em estudo labora 24 horas em três turnos, interrompendo a produção ao fim-de-semana e recomeçando a sua atividade à segunda-feira, às 8 horas da manhã.

A figura 9 relaciona os custos energéticos com o número de horas de trabalho mensais entre janeiro de 2009 e novembro de 2010. Através desta, pode-se constatar eventuais perdas significativas de energia já que se pode ter o mesmo número de horas de trabalho mas corresponderem a custos superiores devido a ineficiências não detetáveis, como por exemplo eventuais fugas de ar nas tubagens danificadas que provocam baixas de rendimentos nos compressores, diminuindo a eficiência destes.

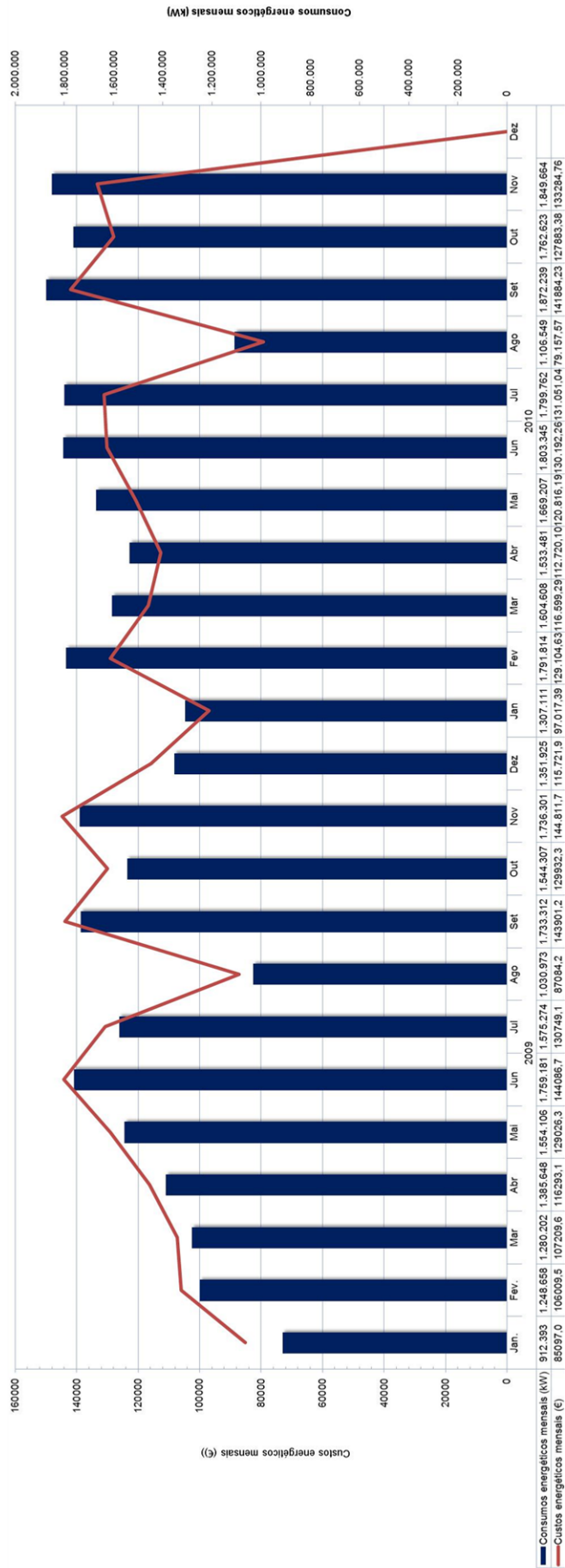


Figura 8– Consumos e respetivos custos energéticos mensais na empresa Simoldes Plásticos, S.A. entre janeiro de 2009 e novembro 2010

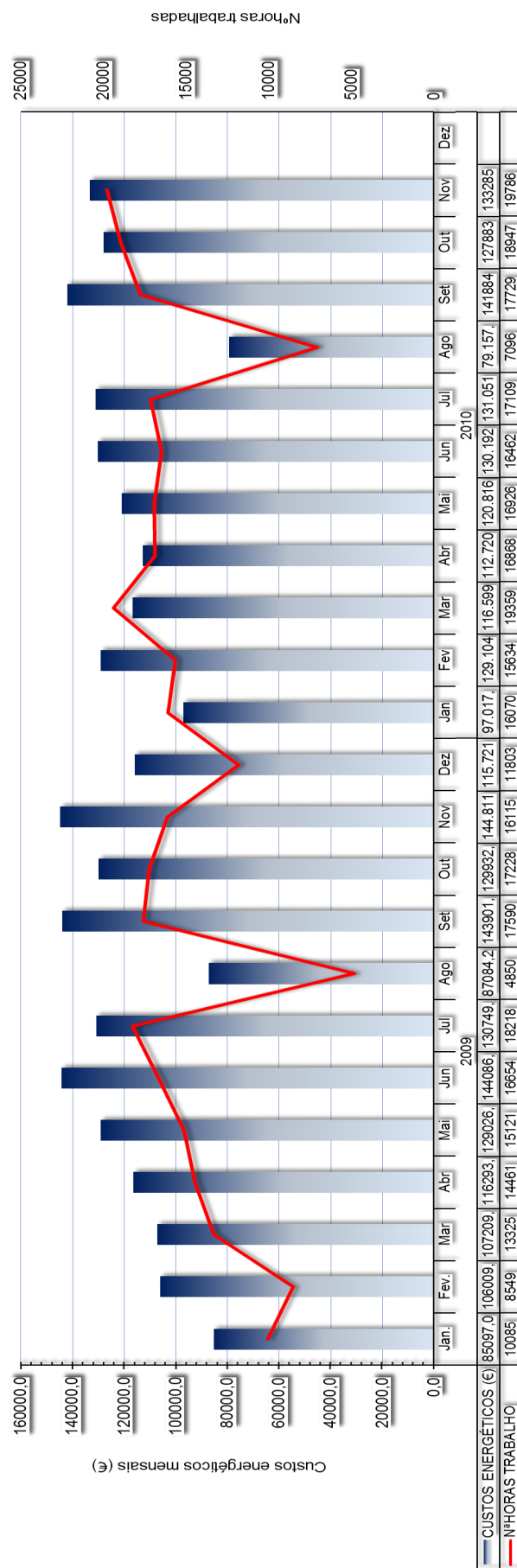


Figura 9 – Custos energéticos mensais versus número de horas trabalhadas entre o mês de janeiro de 2009 e novembro de 2010

1.3. ENQUADRAMENTO DO TRABALHO

Na empresa Simoldes Plásticos S.A., a energia representa um custo de produção muito significativo. A gestão desta é um foco chave de sucesso de uma empresa e como qualquer outro indicador de produção deve ser monitorizado contínua e eficazmente. Este estudo consistiu na identificação de possíveis oportunidades de diminuir o consumo energético das máquinas de injeção, pois estas representam a maior percentagem do consumo de energia no processo de fabrico (figura 7). Foi também estudada a viabilidade de instalar dois processos de energias renováveis: a energia solar fotovoltaica e a energia geotérmica.

2. IMPLEMENTAÇÃO DE MANTAS TÉRMICAS

Um isolante térmico é um material ou estrutura que dificulta a dissipação de calor, usado na construção e caracterizado pela sua alta resistência térmica. Estabelece uma barreira à passagem do calor entre dois meios que naturalmente tenderiam rapidamente a igualarem as suas temperaturas. Há vários tipos de materiais sólidos que podem ser bons isolantes; isso depende da utilidade dada, da temperatura de trabalho, do local de instalação, entre outros. Pode-se utilizar como isolantes térmicos: lã de rocha, fibra de vidro, vidro celular, poliestireno expandido, poliestireno extrudido, espuma de poliuretano, aglomerados.

Através da análise às máquinas de injeção, constatou-se a inexistência de qualquer tipo de isolamento térmico (figura 10).



Figura 10 – Fuso de uma máquina de injeção sem qualquer tipo de isolamento térmico

Neste trabalho, foi testada a aplicação de mantas térmicas, nomeadamente de fibra de vidro nas máquinas de injeções, com o objetivo de reduzir o consumo/custo energético. As suas características podem ser analisadas no anexo D nas figuras D.1 e D.2.

2.1. ANÁLISE DA POTÊNCIA ELÉCTRICA

Perante a inexistência de qualquer tipo de isolamento térmico nas máquinas de injeção, tomou-se como máquinas piloto as KM 1000 III e EN 1100 II no sentido de avaliar a viabilidade, bem como os limites de expansão a nível de tonelagem de máquina para que um eventual investimento se torne vantajoso. Com a ajuda de um analisador de rede (marca Circutor, modelo ARS-5 - características técnicas no anexo E na figura E.1), efectuou-se as medições sem qualquer tipo de isolamento térmico e após a instalação das mantas térmicas nas máquinas EN 1100 II (moldes 6552 e 6709) e na KM 1000 III (molde 5306), de acordo com as condições de processamento numa frequência de minuto a minuto (tabela 1).

Tabela 1 – Condições de processamento aquando da realização das medições de potência eléctrica

PROCESSO	1	2	3
MÁQUINA	EN 1000 II	KM 1000 III	KM 1000 III
MOLDE	6552	6709	5306
CICLO (s)	55	50	57
MATERIAL	PP EPDM-Daplen	PPHC – Hostacom X9067HS	PPHC-Stamytac
TEMPERATURAS FUSO (°C)	Entrada:240,260,260 ,260,255, 230 e 200	Entrada:250,260,260 260, 255, 230 e 200	Entrada:250,265,265, 255, 240,220 e 200
AQUECIMENTO DO MOLDE NA MÁQUINA	6 grupos a 250°C	6 grupos a 240°C	6 grupos a 180°C
CAIXAS DE AQUECIMENTO	12 grupos a 250°C	5 grupos a 240°C	6 grupos a 180°C
PERIFÉRICOS	Robot ¹ +Célula ² +bomba vácuo e misturador	Robot ¹ +bomba vácuo e misturador	Controlador sequencial+conformador de 5 resistências de 1000 W + Robot ¹ +bomba vácuo e misturador

¹ Sepro

² Motoman

De entre três fornecedores de mantas térmicas, ROS, Jarry e Centi Support optou-se por testar experimentalmente as mantas térmicas do fornecedor Jarry dado serem representativos das várias marcas e do seu orçamento ser o mais económico. Os valores obtidos das medições efetuadas podem ser observados no anexo F nas tabelas F.1 a F.6). Os resultados médios e respectivos ganhos energéticos estão registados na tabela 2.

Tabela 2 – Resumo das medições de consumos energéticos entre a situação atual sem isolamento térmico e com mantas térmicas para a máquina EN 1100 II (moldes nº6552 e 6709) e KM 1000 III (molde 5306)

Molde nº	Máquina de injeção	Ocupação mensal moldes (dias/mês)	sem isolamento térmico		com isolamento térmico		Diminuição da energia no aquecimento do fuso da máquina (%)
			Energia consumida (kW.h)	Energia consumida (kW.h/mês)	Energia consumida (kW.h)	Energia consumida (kW.h/mês)	
6552	EN 1100 II	4,7	15,0	1692	11,3	1285	24%
6709		4,3	11,0	1135	7,8	805	29%
5306	KM 1000 III	3,2	13,0	998	9,1	697	30%

Pode-se daqui concluir que para uma máquina de 1000 toneladas com isolamento térmico, obtém-se uma diminuição de energia consumida de cerca de 24 a 30%.

Por observação da figura 11, constata-se que o aquecimento do fuso de uma máquina de injeção representa 21,8% do consumo energético global.

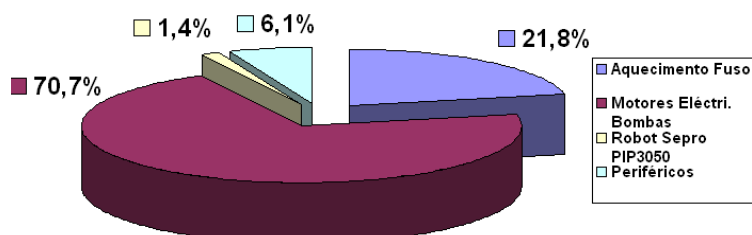


Figura 11 – Representação gráfica das percentagens relativas de energia elétrica nos diferentes componentes componentes na máquina de injeção

Assim, estão reunidas as condições para se comparar os valores entre a energia elétrica consumida com e sem isolamento térmico nas várias gamas de tonelagem de máquinas de injeção existentes na Simoldes Plásticos, SA através da extrapolação de tonelagem representada na tabela 3. Dado que nas máquinas de menor tonelagem (entre 200 e 300 ton de força de fecho) o ganho energético global é de 1 e 1.5%, respectivamente, concluiu-se que não compensaria a colocação de mantas térmicas nesta gama de tonelagem mais baixa. Assim, definiu-se como mínima tonelagem com rentabilidade económica e energética todas as máquinas de injeção com mais de 400 toneladas de força de fecho.

Tabela 3 – Valores de ganhos energéticos globais (%) e relativos (%) referentes à colocação de mantas térmicas no fuso da máquina de injeção

Pressão fecho máquina (ton)	Ganho energético global (%)	Ganho energético no aquecimento no fuso da máquina (%)
200	5,0	1,0
300	7,5	1,5
400	10,0	2,0
500	12,5	2,5
600	15,0	3,0
700	17,5	3,5
800	20,0	4,0
900	22,5	4,5
1000	25,0	5,0
2000	50,0	10,0
3200	80,0	16,0

2.2. ANÁLISE ECONÓMICA

No seguimento dos valores obtidos na tabela 3, a tabela 4 apresenta os ganhos anuais energéticos do investimento de mantas térmicas para um dos fornecedores (Jarry) para a colocação das referidas mantas térmicas nas máquinas de injeção com uma força de fecho maior ou igual a 400 toneladas.

Tabela 4 – Ganhos energéticos anuais com a colocação de mantas térmicas nas máquinas com tonelagem igual ou superior a 400 ton (Jarry).

MÁQUINA	POTÊNCIA SEM ISOLAMENTO (kW)	POTÊNCIA COM ISOLAMENTO (kW)	GANHO (€ /ano)
KM 3200	626	606	10471
KM 1600 III	251	246	2624
KM 1600 I	251	246	2624
KM 1000 V	202	200	1056
KM 1000 III	202	200	1056
KM 1000 II	202	200	1056
KM 420 IV	126	125	263
KM 420 II	126	125	263
EN 2700	338	331	3534
EN 2000	258	252	2697
EN 1500 III	218	215	1139
EN 1400	327	323	1709
EN 1100 II	178	176	930
EN 1100 I	184	182	930
EN 900 V	178	176	837
EN 900 IV	178	176	837
EN 900 III	156	154	734
EN 900 II	164	16	771
EN 900 I	149	147	701
EN 800 III	178	176	744
EN 800 II	178	176	744
EN 800 I	146	144	610
EN 700 I	146	145	534
EN 600 III	146	145	458
EN 600 II	146	145	458
EN 600 I	146	145	458
EN 550 I	103	102	269
EN 400 XIV	79	79	165
EN 400 IX	79	79	165
EN 400 VIII	79	79	165
EN 400 VII	79	79	165
EN 400 VI	79	79	165
EN 400 V	103	102	215
EN 400 III	79	79	165
EN 400 I	79	79	165
TOTAL	5804	5729	39.119

Após consulta de três fornecedores de mantas térmicas (Centi Support (I), ROS(II) e Jarry (III)) e assumindo que em termos de eficiência são similares, realizou-se um estudo do investimento total e respectivos prazos de retorno para cada um destes para cada máquina de injeção (tabela 5).

Tabela 5 – Valores de investimentos e prazos de retorno para os três fornecedores: (Centi Suppo

MÁQUINA	INVESTIMENTO I (€)	RETORNO I (ANOS)	INVESTIMENTO II (€)	RETORNO II (ANOS)	INVESTI
KM 3200	2.678	0,3	2.495 €	0,2	7
KM 1600 III	2.101	0,8	1.695 €	0,7	5
KM 1600 I	2.101	0,8	1.695 €	0,7	5
KM 1000 V	1.688	1,6	1.425 €	1,4	4
KM 1000 III	1.688	1,6	1.425 €	1,4	4
KM 1000 II	1.688	1,6	1.425 €	1,4	4
KM 420 IV	1.613	6,1	1.035 €	3,9	3
KM 420 II	1.613	6,1	1.035 €	3,9	3
EN 2700	2.430	0,7	2.165 €	0,6	6
EN 2000	2.091	0,8	2.165 €	0,8	6
EN 1500 III	2.515	2,2	1.955 €	1,7	5
EN 1400	1.980	1,2	1.595 €	0,9	4
EN 1100 II	1.966	2,1	1.525 €	1,6	4
EN 1100 I	1.966	2,0	1.525 €	1,6	4
EN 900 V	1.933	2,3	1.415 €	1,7	4
EN 900 IV	1.933	2,3	1.415 €	1,7	4
EN 900 III	1.975	2,7	1.365 €	1,9	4
EN 900 II	1.975	2,6	1.365 €	1,8	4
EN 900 I	1.975	2,8	1.365 €	2,0	4
EN 800 III	1.912	2,6	1.415 €	1,9	4
EN 800 II	1.966	2,6	1.415 €	1,9	4
EN 800 I	1.966	3,2	1.415 €	2,3	4
EN 700 I	1.598	3,0	1.415 €	2,7	4
EN 600 III	1.908	4,2	1.415 €	3,1	4
EN 600 II	1.598	3,5	1.295 €	2,8	3
EN 600 I	1.598	3,5	1.295 €	2,8	3
EN 550 I	1.613	6,0	1.225 €	4,6	3
EN 400 XIV	1.613	9,8	1.225 €	7,4	3
EN 400 IX	1.613	9,8	1.225 €	7,4	3
EN 400 VIII	1.613	9,8	1.225 €	7,4	3
EN 400 VII	1.613	9,8	1.225 €	7,4	3
EN 400 VI	1.613	9,8	1.225 €	7,4	3
EN 400 V	1.613	7,5	1.225 €	5,7	3
EN 400 III	1.613	9,8	1.225 €	7,4	3
EN 400 I	1.613	9,8	1.225 €	7,4	3
TOTAL	64.970	1,7	53.955 €	1,4	15

A figura 12 evidencia a grande diferença entre os três fornecedores no que diz respeito a valores de investimento, assim como respectivos prazos de retorno.

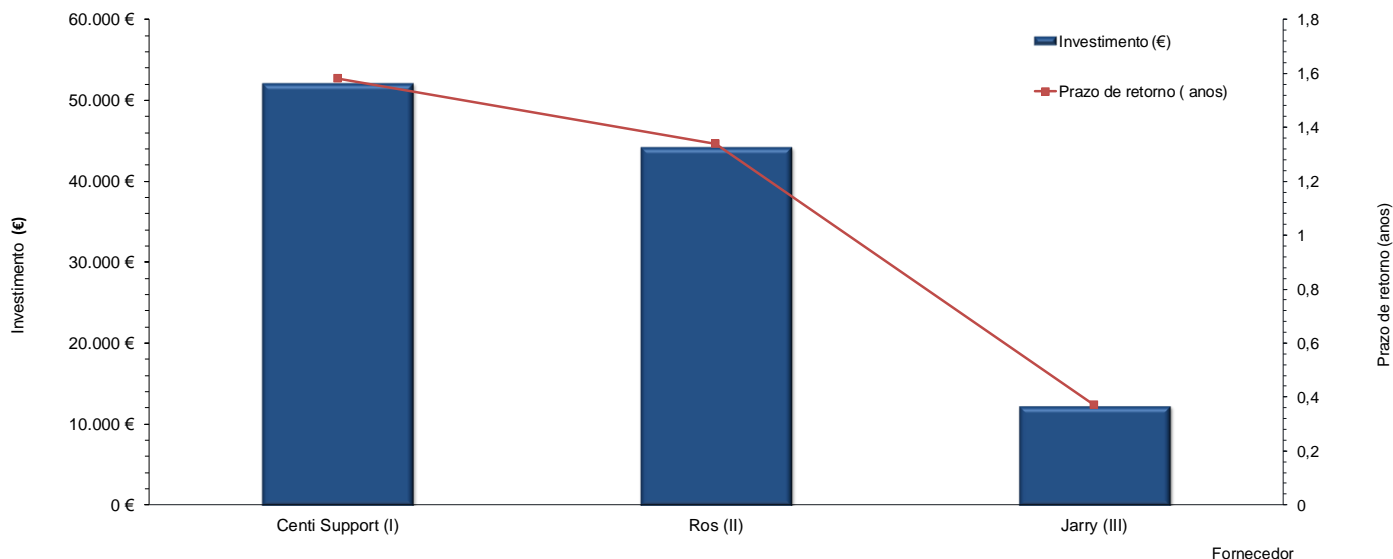


Figura 12 – Comparação entre os valores de investimentos e os respectivos prazos de retorno dos três fornecedores de mantas térmicas: Centi Support, Ros e Jarry.

Concluiu-se que dos três fornecedores: Centi Support, ROS e Jarry, este último é de longe o mais económico com um investimento correspondente a 15.233€, com um prazo de retorno de apenas de 5 meses; em segundo lugar são os da ROS com um investimento de 53.955€ e um prazo de retorno de 17 meses; por último, foi o da Centi Support com valores de investimento de 64.970€, correspondendo a um prazo de retorno de 20 meses. Assim sendo, as mantas térmicas da marca Jarry são sem dúvida as mais vantajosas economicamente, mas antes de tomar uma decisão definitiva, deve-se testar a sua durabilidade/qualidade em máquinas piloto para depois se transversalizar às restantes máquinas injetoras.

3. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Considerando que na empresa Simoldes Plásticos,S.A., os valores dos consumos e custos energéticos são elevados, foi estudada a possibilidade de implementar a microgeração, baseada na energia solar fotovoltaica.

Pode-se definir microgeração como sendo a produção de energia elétrica a partir das energias renováveis, tais como a energia eólica, solar fotovoltaica e também híbrida (solar fotovoltaica associada à eólica) que será utilizada através da ligação à rede pública e posteriormente vendida à EDP. Este processo é regido segundo o decreto-lei 363/2007 que pode ser consultado no anexo G. Este tipo de projetos vem como seguimento dos objetivos traçados pela ratificação do Protocolo de Quioto no sentido da diminuição da emissão de gases que afetam o efeito de estufa que, segundo investigações científicas, são considerados “catalisadores” para o aquecimento global do nosso planeta.

Devido à remuneração bonificada, os investimentos na energia fotovoltaica tornam-se rentáveis, permitindo uma amortização dentro de 5 a 8 anos, segundo o referido decreto-lei.

Para além do benefício económico, importa referir que o microprodutor poderá ainda obter um conjunto de benefícios que apesar de não mensuráveis, contribuem para a imagem da empresa:

- ✓ Oferecer à sociedade uma imagem ecológica, comprometida com os problemas atuais alertando para a necessidade da utilização de fontes de energia renováveis;
- ✓ Corresponder a uma ação de Responsabilidade Social Corporativa (RSC) que é um indicador de topo de gestão e administração da empresa;
- ✓ Participar ativamente nos compromissos adquiridos para a redução de gases poluentes, ajudando, desta forma para o cumprimento do Protocolo de Kyoto.

A. tecnologia fotovoltaica apresenta um grande número de vantagens que são as seguintes [60, 61]:

- Alta fiabilidade ⇒ não possui peças móveis, não exigindo muita manutenção, apenas sim uma limpeza;
- Custos de operação reduzidos ⇒ não precisa, para o seu desempenho, de qualquer tipo de combustível; apenas radiação solar;
- Qualidades ecológicas elevadas ⇒ não perturba o ambiente, pois o produto além de silencioso, não é poluente, já que é isento de emissões de gases;
- Longa durabilidade ⇒ geralmente um painel solar possui uma vida de cerca de 20 anos, variando consoante o tipo de painel de acordo com o material que lhe está associado;
- Grande resistência ⇒ enfrenta todas as condições atmosféricas adversas, tais como granizo, vento, chuva, bem como variações de temperatura e humidade;
- Flexibilidade ⇒ permite aumentar a potência instalada com uma simples incorporação de módulos adicionais;
- Facilidade no transporte ⇒ dado ser composto por peças de montagem no local por estas não serem de grande dimensão;
- Produtividade ⇒ possibilita o aproveitamento de um recurso renovável para produção de energia eléctrica;
- Rentabilidade ⇒ após a recuperação do investimento inicial, a energia eléctrica que produz é gratuita;
- Modernidade ⇒ permite eletrificar regiões isoladas de difícil e dispendioso acesso por parte da Rede Nacional de Energia;
- Inesgotável ⇒ dada a sua fonte de energia que é o Sol, este está sempre à nossa disposição.

Apesar de todas as vantagens anteriormente referidas, esta energia renovável enfrenta algumas desvantagens, tais como:

- Elevado custo de investimento ⇒ quando da sua fabricação, necessita de sofisticadas tecnologias, assim como os materiais a eles associados serem pouco abundantes e poluentes, provocando consequentemente um aumento de preço;
- Baixa eficiência ⇒ o rendimento real de conversão de um módulo face ao seu custo de investimento é reduzido;
- Limitada ⇒ no sentido de estar condicionada às variações da quantidade de radiação solar que atinge a respetiva superfície do painel ao longo das 24 horas;
- Grande extensão ⇒ dada a natureza, ocupa áreas relativamente grandes;

As condições necessárias para a implementação da microgeração são as seguintes:

- ✓ Ligações até ao máximo de 3,68 kW de potência instalada com o limite de 50% de potência contratada para a instalação elétrica de utilização;
- ✓ Aos primeiros 10 MW de potência de ligação registados a nível nacional, a tarifa de referências é de 0.40 €/kW.h nos primeiros oito anos de ligação e depois 0.24 €/kW.h nos sete anos seguintes para pré-registadas em 2010, baixando estes valores em 0.02 € para instalações registadas em 2011;
- ✓ Por cada 10 MW adicionais de potência de ligação registada a nível nacional, a tarifa única aplicável é sucessivamente reduzida a 5%;
- ✓ É necessária a existência de uma área mínima de instalação de 2 m² de coletores solares térmicos.

3.1. ELEMENTOS CONSTITUINTES DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO

Um sistema fotovoltaico é constituído por um gerador fotovoltaico e o respetivo inversor (figura 13):

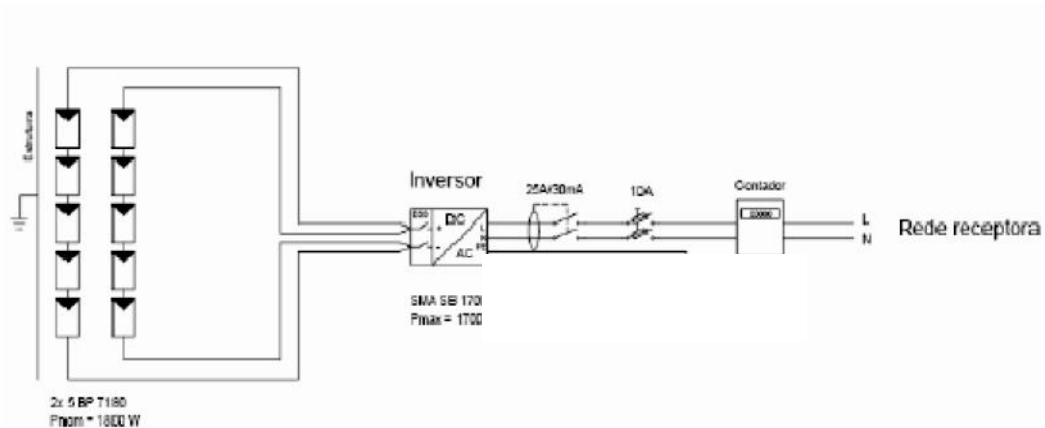


Figura 13 - Constituição de um gerador fotovoltaico

Um sistema de ligação à rede é uma instalação constituída por três elementos:

- Painéis fotovoltaicos – onde se dá a incidência solar:

O aproveitamento elétrico através da utilização de células fotovoltaicas que, agrupadas por módulos, vão formar, num seu conjunto, um painel solar fotovoltaico (figura 14). A função destes, não é mais do que a conversão direta da energia solar em energia elétrica, a partir da transferência dos fotões da radiação incidente para os eletrões na estrutura atómica do material das células.

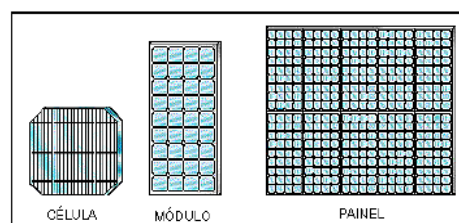


Figura 14 – A formação do painel fotovoltaico desde a célula

- Inversor.- será como fonte de ligação entre o gerador fotovoltaico e a rede elétrica convencional, funcionando como um injetor de energia:

Um inversor é composto por duas etapas, uma sintetizadora e outra filtradora. A primeira produz à sua saída uma onda de impulsos a partir da corrente contínua que tem na sua entrada proveniente do gerador fotovoltaico, enquanto que a etapa filtradora tem como função eliminar os harmónicos indexados da onda de impulsos, produzida na primeira etapa (sintetizadora) produzida da onda totalmente sinusoidal.

As funções de um inversor são as seguintes [60]:

- Transformar a corrente contínua em alternada;
- Conseguir o maior rendimento do campo fotovoltaico;
- Realizar o acoplamento à rede;
- Proteger a rede contra:
 - Curto-circuitos-desligando-se por completo até que se restabelece a tensão
 - Tensão de rede fora de nível na rede;
 - Frequência da rede fora de nível que não é mais do que um indicador de rede;
 - Sobretensões por meio de varístores ou outros.
- Linha elétrica da rede – permite a injeção de rede elétrica para vender a produção elétrica do sistema fotovoltaico

O gerador é composto basicamente por um conjunto de módulos fotovoltaicos e respectivos suportes que podem ser instalados sobre telhados, terraços ou em locais não sombreados e por um conversor eletrónico (inversor). A energia elétrica gerada pelos módulos fotovoltaicos em corrente contínua é convertida em corrente alternada através do inversor e injetada diretamente na rede elétrica. A quantidade de energia gerada depende do modelo de gerador escolhido, do local de instalação, das condições meteorológicas e da época do ano. Será necessária uma análise dos requisitos técnicos estabelecidos pela concessionária para instalação deste tipo de sistema e uma autorização da mesma.

A diferença fundamental entre um sistema fotovoltaico autónomo e outro de ligação à rede consiste nesta última não existir um subsistema de acumulação formado pela bateria e pelo regulador de carga. Para além disso, a tensão gerada no inversor, nos sistemas ligados em rede, deverá estar em fase com a tensão de rede.

3.2. DIMENSIONAMENTO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO ELETROPRODUTOR

Para o dimensionamento de um sistema fotovoltaico de ligação à rede, os principais parâmetros que definem o inversor para uma determinada instalação são:

a) TENSÃO DO CAMPO DOS PAINÉIS

Nos sistemas fotovoltaicos ligados à rede, o conceito de tensão nominal difere do usado para os sistemas isolados com baterias. Em casos de ligações à rede, a tensão de trabalho do campo de painéis correspondentes à do ponto de máxima potência, já que os inversores dispõem de dispositivos que tendem a situar a tensão de trabalho nesse ponto. Assim sendo, será mais correto falar-se do ponto de máxima na potência do gerador fotovoltaico.

O número de módulos em série e o de ramos em paralelo necessários para configurar um sistema dependerá das características de cada módulo fotovoltaico, pois dentro da diversidade de módulos existentes no mercado, no que respeita aos valores de tensão não se poderá definir regras de carácter geral no que se refere ao número de módulos necessários.

A tensão máxima do sistema alcança-se na situação de circuito aberto do campo de painéis. Esta tensão é muito importante, porque define o valor da tensão máxima no gerador e corresponde ao que o inversor deve suportar.

Não sendo precisa a incorporação de dispositivo elevador, a tensão de entrada que simplifica os dispositivos internos do inversor é de 340 a 360 VDC. Tratando-se de tensões de entrada inferiores, necessitaremos de incorporar um dispositivo elevador de tensão, acarretando uma maior complexidade técnica. Por outro lado, ter-se-á de ter em conta que será adequado e logo aplicável a nível doméstico, já que se trata de valores de tensão menores. Há ainda a salientar que quanto maior é a tensão de instalação, maior será o número de módulos em série e, como só é possível incluir séries completas, as

potências que se podem obter supõem intervalos maiores, limitando a flexibilidade de adaptação da potência.

b) POTÊNCIA DOS PAINÉIS

Em geral, a potência do inversor necessário para um determinado campo de painéis fotovoltaicos deve ser 20% inferior à potência de pico instalada, isto porque:

- ✓ A potência do pico do campo gerador alcança-se em situações pontuais, pelo que normalmente o inversor trabalha com valores de potência inferiores a 70% da sua potência máxima. A utilização de um inversor de 20% menor proporcionará um ajuste mais adequado do valor de potência de funcionamento real da instalação, para além de uma redução a nível de custo do inversor o que não representa uma redução da potência obtida. Não esquecer que o rendimento do inversor é menor quanto mais longe este trabalha da sua potência máxima;
- ✓ A potência do pico do gerador fotovoltaico fornecida pelo fabricante é obtida a uma temperatura de célula de 25°C e a uma irradiância de 1000 W/m². Na realidade, esta situação é impossível já que com uma irradiância desta gama corresponderia ao valor medido ao meio-dia de um dia sem nuvens de Verão. A temperatura ambiente no exterior deveria estar entre -10 e 0°C, para encontrar a célula a 25°C, o que é claramente não factível. Como tal, uma vez que os painéis a projetar não operam condições padrão de medida, isto é, as suas condições de funcionamento dependem da sua localização, bem como das condições climáticas, a potência de saída é sensivelmente inferior à potência de pico proporcionada pelo fabricante;
- ✓ Por último, não se deve esquecer que existem perdas de potência por interrupção dos módulos devido a sombreados parciais no campo gerador, quedas de tensão nos condutores, assim como outros fatores que reduzem a potência máxima disponível à entrada do inversor.

c) CARACTERÍSTICAS DA REDE

Apesar de atualmente a tecnologia no desenho de inversores permitir alcançar níveis muito baixos de distorção, facilitando o uso deste tipo de instalação sem afetar a qualidade da rede comercial, há que ter em conta a possibilidade do inversor “injetar” a corrente que possa introduzir harmónicos (ondas de frequência diferentes da rede 50 Hz), reativar ou eventualmente realizar operações que possam alterar a qualidade da rede.

d) TIPO DE REDE DISPONÍVEL NO PONTO DE LIGAÇÃO

Nas instalações de potências elevadas - acima dos 5 kW, a ligação à rede deve ser trifásica e o inversor também. Injetar potência em monofásica a estes níveis poderia contribuir para o desequilíbrio das fases da rede.

Geralmente, a tensão da rede trifásica que abastece a companhia elétrica não tem a mesma tensão em cada uma das suas três fases.

O campo de painéis deve subdividir-se em três grupos para poder absorver as diferenças entre tensões de saída de modo a proporcionar três entradas independentes de painel para cada uma das fases.

e) QUALIDADE DA REDE

Para garantir um funcionamento adequado do sistema é necessário uma qualidade de rede mínima. Para tal, controla-se a forma de ondas que tem de gerar para que as diferenças entre a tensão gerada e a da rede sejam mínimas. Por outro lado, para manter o sincronismo e resolver os possíveis problemas gerados pelos harmónicos no ponto de ligação, é preciso utilizar uma tecnologia avançada que seja capaz de proporcionar soluções para estes desafios.

Seguidamente, enumeram-se os diferentes tipos de perturbações que se pode encontrar na rede:

- Microcortes – quando ocorrem interrupções de muita curta duração;

- Tensão fora do nível admissível - nestas situações, a tensão encontra-se fora do nível admissível, fazendo com que o inversor interrompa o seu funcionamento já que não deve contribuir para um fornecimento de potência com valores nulos;
- Distorção da forma de onda – por vezes as cargas elétricas ligadas à rede introduzem harmónicos que podem chegar a ser importantes no ponto de ligação;
- Quedas de tensão – se a linha de distribuição utilizada para o ponto de ligação à rede não dispõe de secção suficiente, a tensão de rede medida sofre variações importantes de acordo com a intensidade proporcionada pelo inversor. Caso estas oscilações sejam muito evidentes, o sincronismo do inversor com a rede pode-se tornar instável já que a rede acusará de forma importante as variações de intensidade injetada,

3.3. TIPO DE CÉLULAS FOTOVOLTAICAS

O material mais usado nas células fotovoltaicas é o silício. Para além de ser o segundo elemento mais abundante na crosta terrestre é muito menos tóxico que qualquer um dos outros elementos utilizados na sua produção. De acordo com o material usado para a fabricação, poder-se-á classificar as células. Assim, existem os seguintes tipos de células à disposição:

- ✓ Células de silício-cristalino (c-Si) ⇒ esta é a tecnologia mais comum, pois atualmente é a que apresenta a nível comercial, já que devido à sua enorme robustez e confiabilidade se consolidam no mercado internacional. No entanto, o seu custo de produção é extremamente elevada e as perspectivas de redução do seu preço são muito reduzidas.



Figura 15 - Exemplos de alguns painéis c-Si

As células de c-Si disponíveis no mercado são:

- ✓ **Células monocristalinas (m-Si)** ⇒ São as que possuem um maior rendimento. O monocristal é conseguido com elevados consumos de energia, assim como significativas perdas de material durante etapas complementares do processo (corte de lâminas serras diamantadas, a lapidação, o ataque químico, polimento). Os melhores painéis disponíveis no mercado têm uma eficiência de aproximadamente de 15%. É o exemplo da bomba de silício fundido de alta pureza (entre 99,99% a 99,9999%) em setores sob atmosfera controlada e com velocidades de crescimento de cristal muito lentas (na ordem dos cm/h). Neste processo, as temperaturas de operação são de cerca de 1400°C, o que consequentemente implica elevados custos.
- ✓ **Células policristalinas (p-Si)** ⇒ dado o processamento destas células ser mais simples, já que a perfeição cristalina é menor, vai implicar um baixo custo de produção. O material de base é o mesmo que o monocristalino só que após a fundição e posteriormente solidificado em molde especial, resultando num cristal com uma grande quantidade de grãos ou cristais. Os defeitos vão-se concentrar no contorno, tornando este material menos eficiente do que os m-Si a nível de conversão fotovoltaica.
- ✓ **Silício amorfo hidrogenado (a-Si)** ⇒ neste tipo de células, as temperaturas que ocorrem a sua transformação são relativamente baixas (menor de 300°C) comparativamente aos anteriores. São processos a plasma, permitindo que estes filmes finos sejam depositados sobre substratos de baixo custo, tais como plásticos, vidro, aço inoxidável (figuras 16 e 17).

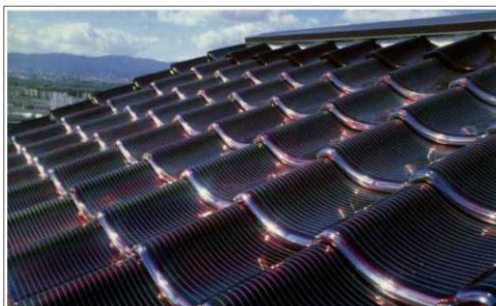


Figura 16- Painéis solares a-Si fabricados sobre telhas de vidro



Figura 17 - Painéis solares a-Si fabricados sobre aço-inoxidável

Assim, foi possível o desenvolvimento de painéis flexíveis, inquebráveis, mais leves com superfícies curvas, alargando deste modo o seu mercado pela sua maior versatilidade. Pela sua aparência estética mais atraente, o a-Si tem encontrado aplicações arquitetónicas variadas, substituindo materiais de cobertura de telhados e fachadas de construção civil. Neste material, os painéis sofrem um decréscimo intrínseco, mas reversível, em sua performance, estabilizando-se após um abaixamento em eficiência entre os 15 a 20%. Na prática, esta diminuição de rendimento é assumida pelo fabricante.

- ✓ **Células de telureto de cádmio (CdTe)** ⇒ é um tipo de material onde se constata uma atração estética comparativamente ao c-Si, tendo as empresas envolvidas nesta tecnologia a estratégia de desenvolvimento de produtos com aplicações arquitetónicas como forma de ganhar mercado, reduzindo assim os respectivos custos de produção. Perante este facto e apesar da possibilidade de se tornar um grande competidor frente aos outros materiais, apresenta duas grandes desvantagens inerentes que são por um lado a pequena abundância dos elementos constituintes e por outro lado a toxicidade. A sua eficiência é muito baixa entre 7 a 9%.

- ✓ **Células de disseleneto de cobre e índio (CIS)** ⇒ tal como o a-Si e o CdTe, estes painéis apresentam uma excelente aparência estética, surgindo com grandes superfícies, encontrando-se diversas aplicações arquitetónicas. Tal como no caso do CdTe, apresentam pouca abundância dos elementos associados bem como a sua toxicidade que não deixam de ser aspetos importantes a considerar. Apesar destas desvantagens, pode atingir um potencial de eficiência relativamente elevado (≈18%).

Após a descrição dos diversos tipos de painéis fotovoltaicos, sintetizou-se na tabela 6, o rendimento típico, um rendimento simulado e registado em laboratório e ainda valores máximos de rendimento obtidos em aplicações pontuais de painéis C-Si.

Tabela 6 – Rendimentos típicos, quer em situações reais, quer registados em laboratório, assim como rendimentos máximos obtidos em aplicações de painéis de C-Si.

TIPO DE PAINEL DE C-Si	RENDIMENTO TÍPICO (%)	RENDIMENTO MÁXIMO REGISTADO EM LABORATÓRIO (%)	MÁXIMO REGISTADO EM APLICAÇÕES (%)
MONOCRISTALINO	12-15%	24.0%	22.7%
POLICRISTALINO	11-14%	18.6%	15.3%
SILÍCIO AMORFO	6-7%	12.7%	13.2%

3.4. FUNCIONAMENTO DE UMA CÉLULA SOLAR FOTOVOLTAICA

Aquando da incidência da radiação solar com fotões de energia na junção e através da ligação física do silício dopado, vão-se formar pares eletrão-lacuna. Como existe um intenso campo elétrico, os eletrões, com carga negativa, vão sofrer uma força no sentido contrário ao do campo eléctrico: $f = -eE$, sendo consequentemente arrastados para o lado n , que está carregado positivamente, criando-se condições para o aparecimento de uma corrente elétrica negativa. Por sua vez, as lacunas movimentar-se-ão para o lado p , que está negativo, contribuindo assim para termos novamente uma corrente negativa. A radiação solar vai assim originar uma corrente I_r , que circula na junção pn de n para p . Relativamente à convenção adotada para o díodo, esta corrente será negativa quanto ao sinal ($-I_r$) [64].

Esta corrente vai ser adicionada à corrente produzida pela diferença de potencial exterior V , obtendo-se uma corrente total dada pela equação [61,64]:

$$I = I_0 \cdot \left[\exp \left[\frac{\alpha \cdot e \cdot V}{K_B \cdot T} \right] - 1 \right] - I_r \quad (1)$$

Calcule-se então a corrente originada pela radiação solar- I_r , em módulo, que resulta da drenagem de toda a carga livre (elétrões, lacunas) gerada pela radiação na junção, por unidade de tempo.

$$I_r = \frac{dQ}{dt} = 2 \cdot e \cdot \xi \cdot \left(\frac{dN_{\text{fotões}}}{dt} \right) = 2 \cdot e \cdot \xi \cdot A \cdot \frac{\mathfrak{I}}{h \cdot \nu} \quad (2)$$

em que:

ξ -rendimento quântico que corresponde ao número de fotões incidentes absorvidos na criação de pares electrão-lacuna

A -área da junção (mm^2)

\mathfrak{I} - insolação (W/m^2)

$h \cdot \nu$ -Energia de ionização (e.V)

Para se captar o máximo de radiação, a junção deve estar perpendicular à radiação. Se a área da junção for igual à área iluminada, fica:

$$\frac{I_r}{I_0} = \frac{2 \cdot e \cdot \xi \cdot A \cdot \frac{\mathfrak{I}}{h \cdot \nu}}{A \cdot J_0} = 2 \cdot e \cdot \xi \cdot \frac{\mathfrak{I}}{h \cdot \nu \cdot J_0} \quad (3)$$

em que J_0 é a densidade de corrente elétrica associada à corrente I_0 .

Sendo a célula fotovoltaica colocada tal como na figura 18, a camada n deverá possuir uma espessura inferior ao comprimento de difusão dos electrões (L_m), de modo que os transportadores minoritários gerados na região p, próximo da junção (electrões) se possam difundir até aos elétrodos metálicos antes de sofrerem recombinação com lacunas.

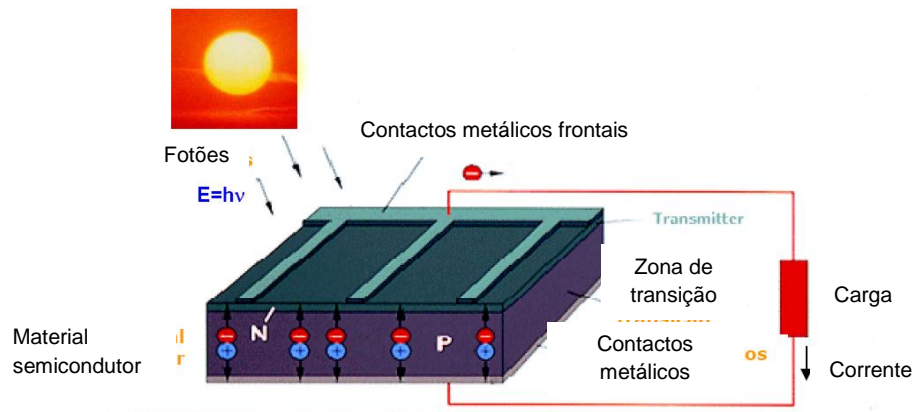


Figura 18 - Corte transversal de uma célula fotovoltaica sob a ação da radiação solar

[60,61]

Ligando os elétrodos superior e inferior por um fio condutor, haverá corrente eléctrica. Enquanto a luz continuar a incidir na célula, o fluxo de eletrões manter-se-á. Há uma constante substituição dos eletrões que abandonam a célula pelo contacto superior por outro grupo, que entretanto regresse do circuito externo, através do contacto inferior.

3.5. POTÊNCIA PRODUZIDA POR UMA CÉLULA FOTOVOLTAICA

A potência fornecida pela célula fotovoltaica ao exterior é calculada pela expressão [60,61]:

$$P=V \times I \quad (4)$$

Como:

$$V= R \times I \quad (5)$$

que, por sua vez, substituindo na equação 5, vem:

$$P = R \times I^2 \quad (6)$$

Substituindo na equação 4 a expressão de I , dada pela expressão 1, obtém-se:

$$P = V \times \left(I_0 \cdot \left[\exp \left[\frac{\alpha \cdot e \cdot V}{K_B \cdot T} \right] - 1 \right] - I_r \right) = V \times I_0 \cdot \left[\exp \left[\frac{\alpha \cdot e \cdot V}{K_B \cdot T} \right] - 1 - \frac{I_r}{I_0} \right] \quad (7)$$

Pode-se agora representar graficamente (figura 19) a curva característica da potência da célula em função da tensão, $P=f(V)$.

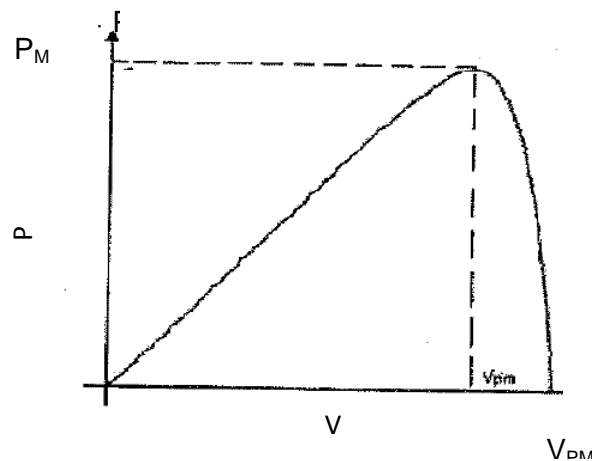


Figura 19 – Representação gráfica da curva característica $P=f(V)$ de uma célula fotovoltaica [60, 61].

Note-se que quando V é pequeno, a expressão anterior, fica:

$$P = V \times I_0 \cdot \left[1 + \exp \left[\frac{\alpha \cdot e \cdot V}{K_B \cdot T} \right] - 1 - \frac{I_r}{I_0} \right] \Leftrightarrow P \approx V \times I_0 \cdot \frac{I_r}{I_0} \Leftrightarrow P \approx V \times I_r \quad (8)$$

Desta última equação, podemos concluir que P cresce linearmente com V, reforçando a mesma com a figura 19.

Verifica-se que a potência máxima que a célula pode debitar no circuito externo é sempre inferior ao produto $V_{CA} \cdot I_{CC}$. O valor máximo é dado pela zona a tracejado ($V_{PM} \times I_{PM}$) que corresponde a cerca de 80% de $V_{CA} \cdot I_{CC}$. Logo, vem:

$$V_{PM} \cdot I_{PM} \approx 0,8 \cdot V_{CA} \cdot I_{CC} \quad (9)$$

A resistência de carga R_C , que vai conduzir à potência máxima que é dada por:

$$R_C = \frac{V_{PM}}{I_{PM}} \approx \frac{V_{CA}}{I_{CC}} \quad (10)$$

em que:

V_{PM} - Tensão máxima (V);

I_{PM} – Intensidade de corrente máxima (A);

V_{CA} – Tensão em circuito aberto (V);

I_{CC} – Intensidade de corrente em circuito fechado (A)

Relativamente ao rendimento máximo de uma célula fotovoltaica será o quociente entre a potência máxima disponível e a potência de radiação incidente:

$$\eta = \left(\frac{V_{PM} \times I_{PM}}{P_{\text{solar incidente}}} \right) \times 100 \quad (11)$$

As células comerciais têm um rendimento da ordem dos 15%. Atingem-se rendimentos superiores para outros tipos de células, nomeadamente de arseneto de gálio (Ga-As), mas dado que os custos de manufatura, assim como os riscos de utilização do arsénio, atualmente estas comercialmente não compensam.

3.6. FATORES QUE AFETAM O RENDIMENTO DE UMA CÉLULA

O rendimento de uma célula fotovoltaica é influenciado por dois fatores.

- EFEITO DA INTENSIDADE DA RADIAÇÃO SOLAR

A intensidade da radiação solar afeta largamente o rendimento da respetiva célula já que o resultado de uma mudança na intensidade de radiação é uma variação na corrente de saída para qualquer valor de tensão. O valor da corrente é diretamente proporcional à intensidade da radiação. Paralelamente a este facto, podemos constatar que o valor da tensão mantém-se praticamente constante, como se pode ver na figura 20.

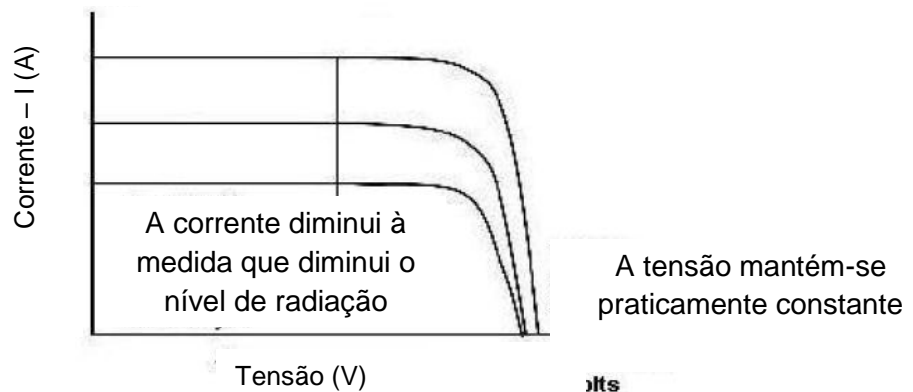
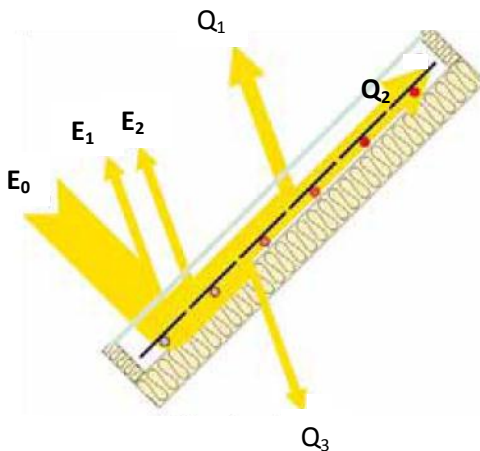


Figura 20 – Efeito da intensidade da radiação solar nos valores de corrente e tensão na célula fotovoltaica [60, 61]

Por sua vez, e através da equação 6, conclui-se que como a potência é diretamente proporcional à corrente, isto é, se a corrente aumenta, vai originar um aumento da respetiva potência da célula fotovoltaica.

– **EFEITO POR REFLEXÃO SOLAR**

Legenda:

 E_0 - Irradiação solar E_1 -energia refletida nas superfícies interna e externa do vidro E_2 -energia refletida pela própria superfície Q_1 – calor correspondente a perdas de energia por condução térmica Q_2 – calor correspondente a perdas por convecção e irradiação para o exterior na superfície Q_3 – Calor utilizado pelo sistema

Figura 21 – Fluxos de energia num coletor

Na figura 21, pode-se observar que a irradiação solar (E_0) atinge a cobertura transparente e antes de entrar no coletor, uma pequena parte da energia (E_1) é refletida, nas superfícies internas e externas do vidro. A superfície também reflete uma pequena parte da luz (E_2) e converte-a em calor. Com um bom isolamento térmico no coletor e usando materiais isolantes não combustíveis, tais como a lã mineral e/ou poliuretano sem CFC (clorofluorcarbonetos), as perdas de energia através de condução térmica (Q_1) são reduzidas ao máximo possível. A cobertura transparente tem a função de reduzir perdas na superfície do absorvedor, através de radiações térmicas e convectivas (Q_2). Isto significa que perdas por convecção e irradiação somente para o exterior através de cobertura de vidro aquecida. Assim, subtraindo à radiação de energia solar (E_0) todos os tipos de perdas (E_1 , E_2 , Q_1 e Q_2) fica o calor remanescente (Q_3) que está disponível para ser utilizado no sistema fotovoltaico. Estabelecendo um balanço energético, vem:

$$Q_3 = E_0 - (E_1 + E_2 + Q_1 + Q_2) \quad (12)$$

3.7. IMPLEMENTAÇÃO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA

Inicialmente, foram recolhidas todas as informações geográficas e climatéricas, junto das entidades oficiais relativamente à empresa Simoldes Plásticos, S.A. (tabela 7).

Tabela 7 – Informações geográficas da empresa Simoldes Plásticos, SA

EMPRESA	LOCAL GEOGRÁFICO	PAÍS	LATITUDE	LONGITUDE	ALTITUDE	FUSO HORÁRIO
Simoldes Plásticos, SA	Oliveira de Azeméis	Portugal	40,5°N	8,7°W	52 m	UT+1

Após a análise do terreno da empresa em estudo (figura 22), constatou-se que possui uma área de cerca de 2000 m² com uma grande incidência solar, originando uma potencial área de colocação de um eventual sistema eletroprodutor. Esta área corresponde ao telhado da área fabril e não tem sombras sendo este um fator muito importante para a implementação da energia solar fotovoltaica.

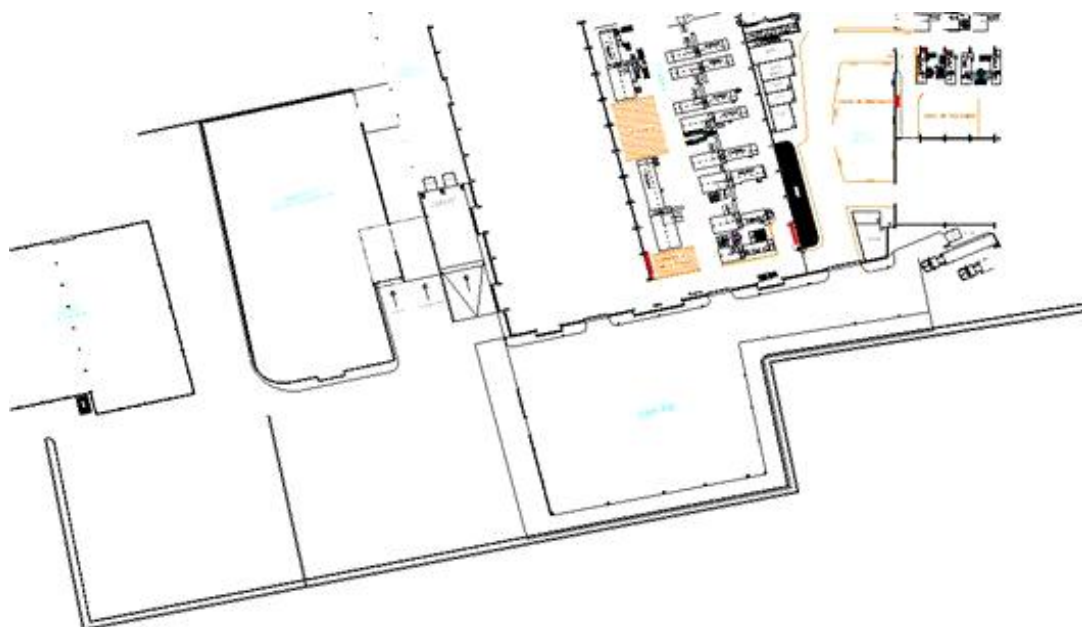


Figura 22 – Área de projeto para a implementação da energia solar fotovoltaica

Usando o simulador PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System), (anexo H), elaborou-se a tabela 8, onde estão expostos os valores das energias médias produzidas pelo sistema eletroprodutor, quer diária quer mensalmente. Desta, pode-se constatar que o mês mais rentável é o de Agosto, obtendo-se um valor de energia média mensal produzida de 542,5 kW.h. Este resultado já seria o esperado, dado este mês ser de verão correspondendo a uma maior incidência, bem como de uma elevada duração a nível de captação solar. É de salientar também os elevados valores referentes aos meses de Maio, Junho e Julho, de 492,9 kW.h, 507,0 kW.h e 527,0 kW.h, respetivamente, valores estes que equivalem a uma grande percentagem da energia produzida total anual 4927,2 kW.h/ano.

Tabela 8 – Estimativa da energia média produzida (diária e mensalmente) pelo sistema eletroprodutor

Mês	Energia média produzida diariamente (kW.h/dia)	Energia média produzida mensalmente (kW.h/mês)
Janeiro	9,6	296,4
Fevereiro	10,4	291,2
Março	14,7	455,7
Abril	14,4	432,0
Maio	15,9	492,9
Junho	16,9	507,0
Julho	17,0	527,9
Agosto	17,5	542,5
Setembro	15,7	471,0
Outubro	12,7	393,7
Novembro	9,1	273,9
Dezembro	7,9	244,0
TOTAL ANUAL	-	4927,2

Seguidamente, efetuou-se o cálculo da quantidade de painéis necessários para o sistema eletroprodutor, tendo em conta as características por marca e modelo de cada módulo fotovoltaico, estando os respetivos valores registados na tabela 9. O exemplo de cálculo e as características dos painéis podem ser consultados no anexo I. Dos valores obtidos, pode-se concluir para todas as opções em estudo os painéis são constituídos por 72 células; a nível de perda de eficiência a opção 4 é a menos interessante dado ser aquela que sofre uma maior perda de eficiência na captação solar (14%).

Tabela 9 – Valores de número e área de painéis para diferentes marcas e modelos de módulos fotovoltaicos com um inversor do tipo Sunny Boy-3800 SMA; (caraterísticas no anexo I)

OPÇÃO	MARCA	MODELO	TIPO	NºCÉLULAS POR PAINEL	PERDAS EFICIÊNCIA (%)	Nº PAINÉIS	ÁREA PAINEL (m ²)	ÁREA TOTAL NECESSÁRIA (m ²)
1	BP Solar	4175	Monocristalino	72	5,0	22	1,26	27,7
2	Sunpower	250	Monocristalino	72	3,0	17	1,25	21,3
3	Suntech	STP260- 24/Vb	Policristalino	72	3,0	16	1,94	31,0
4	Solon	Black 230/02	Monocristalino	72	14,0	19	1,64	31,2

3.7.1. ANÁLISE ECONÓMICA

Tendo em conta as características e a quantidade de painéis fotovoltaicos necessários para este projeto, procedeu-se ao cálculo do investimento para cada opção (em anexo I - tabela I.1). Na tabela 10, são apresentados os valores do investimento, do retorno anual, bem como do respetivo prazo de retorno para cada situação. Desta mesma tabela, concluiu-se que a primeira opção é a mais rentável pelo facto do valor do investimento ser o mais baixo, 18.513 € com um período de retorno mais curto de 4,3 anos (\cong 52 meses) correspondente à da marca BP Solar modelo 4175. Em segundo lugar, tanto a nível de custo de investimento quer de prazo de retorno fica a opção 3 correspondente à marca Suntech, modelo STP 260-24/Vb, com um investimento de 20.094 € e um prazo de retorno de 4,7 anos (\cong 57 meses), isto é, mais cinco meses comparativamente à anterior opção; no entanto, o facto de ser policristalino torna-se menos eficiente relativamente ao anterior. Quanto às opções 2 e 4 ficaram logo eliminadas por duas razões: a opção 2 por necessitar de uma significativa área total (31.0 m²), a opção 4 para além da maior área total (31.2 m²) das quatro opções, possuir uma grande perda de eficiência na conversão de energia solar em elétrica (14%). Destas constatações, concluiu-se que a opção mais viável, tanto a nível de investimento, período de retorno, bem como eficiência é a BP Solar, sendo esta a mais aconselhável para um eventual futuro investimento. Apesar desta marca ter como desvantagem a necessidade de uma área total maior relativamente à da Sunpower, é no entanto pouco relevante, tendo em conta o fator económico.

Tabela 10 - Valores de investimento e período de retorno para cada tipo de módulo fotovoltaico

OPÇÃO	VALOR DO INVESTIMENTO (€)	VALOR RETORNO ANUAL (€)	PERÍODO DE RETORNO (anos)
1	18.513	3205	4,3
2	22.332	3205	5,2
3	20.094	3205	4,7
4	22.558	3205	5,3

4. ENERGIA GEOTÉRMICA

A energia geotérmica não é mais do que a energia disponível no interior da Terra, mais especificamente na crosta terrestre, normalmente na forma de água quente ou vapor de água. É pois o calor obtido na parte mais externa da crosta (até uma distância de cerca de 10 km). Em cada km, o respetivo grau geotérmico aumenta na ordem dos 30°C. Essa energia pode ser retirada de um fluido gasoso ou líquido, ou através da injeção de água em maciços rochosos profundos.

O centro da Terra dista aproximadamente 6 400 km da superfície, encontrando-se a uma temperatura que deverá ultrapassar os 5000°C. Daqui, do interior da Terra e devido a fenómenos recentes de radioatividade das rochas, assim como a elevação da Terra, ocorre a transformação deste calor em energia. Este é transportado por condução, em direção à superfície, aquecendo as camadas rochosas que constituem o manto (figura 23).

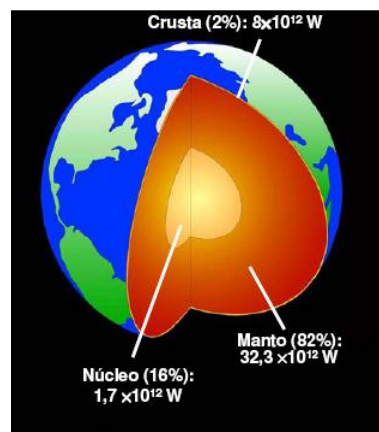


Figura 23 – Fluxos de calor no planeta Terra [2]

As águas das chuvas infiltram-se através de linhas de falhas e fraturas geológicas e aquecem ao entrar em contacto com as rochas quentes. Algumas destas águas sobreaquecidas sobem novamente à superfície, sob a forma de nascentes quentes ou, por vezes, géisers. Este calor que chega à superfície da Terra tem duas fontes: uma é o próprio interior da Terra e outra é a do Sol. Noutros casos, a água quente fica presa em reservatórios geotérmicos naturais, abaixo da superfície terrestre. A água contida nestes reservatórios pode aquecer ou mesmo ferver, aquando o contacto com a rocha quente, podendo chegar a atingir temperaturas de 150°C.

Em áreas de atividade vulcânica ou sísmica, a temperatura nos reservatórios atinge valores superiores a 150°C e o vapor de água pode ser utilizado para fazer movimentar turbinas, produzindo eletricidade, como numa central elétrica vulgar. Existem locais, as furnas onde a água pode aquecer ou mesmo ferver em pequenos lagos. Uma aplicação nesta ilha é a instalação de duas centrais geotérmicas que asseguram a produção de cerca de 40% da eletricidade consumida na mesma.

Quando a temperatura no reservatório é inferior a 100°C, pode-se usar este calor para aquecimento direto de águas e edifícios. Em Portugal continental, há casos de recuperação de águas termais, com temperaturas entre 20 e 75°C, como são exemplos nas localidades de Chaves e S. Pedro do Sul.

As medições da superfície são usadas para corrigir os valores obtidos de instrumentos de medição nas perfurações, com o objetivo de explorar a alta temperatura equivalentes a grandes profundidades, advinda de recursos geotérmicos e, menos frequentemente, a mapas geológicos. Nestas aplicações, a temperatura da rocha pretendida é determinada com uma incerteza de $\pm 1^\circ\text{C}$. Contudo, não se deve esquecer que estas medições não são realizadas num equilíbrio térmico; para tal, será sempre necessário corrigir com a ajuda de um balanço térmico entre o fluido e o solo. Quando um fluido frio é usado na perfuração ou um fluido quente é “injetado” ou produzido de uma formação permeável, o calor trocado entre o fluido e o solo causa diferenças de temperatura que requerem dias ou mesmo meses para que se atinja o equilíbrio. Neste trabalho, esta situação não se aplica, pois a região de Oliveira de Azeméis não é vulcânica. Neste estudo, foi avaliada a possibilidade de implementar mais uma energia renovável, a energia geotérmica.

4.1. TIPOS DE ENERGIA GEOTÉRMICA

Dentro da Geotermia, existem dois tipos:

Geotermia de alta temperatura – quando o fluido geotérmico está a uma temperatura acima dos 150°C; esta é utilizada para gerar eletricidade a partir de uma central geotérmica que é constituída por quatro elementos: um gerador de vapor, um alternador, um conjunto motor e uma estação transformadora.

Geotermia de baixa temperatura – quando o fluido geotérmico está a uma temperatura inferior a 150°C; esta ocorre em regiões de acidentes tectónicos, estando relacionada com águas termais. Geralmente, as temperaturas nunca excedem os 80°C e é aplicada em estâncias termais, situações terapéuticas, aquecimento de piscinas e águas de hotéis, agricultura e ainda alguns processos industriais.

Na figura 24, pode-se observar as diversas aplicações da energia geotérmica de acordo com a temperatura de funcionamento/operação da temperatura em causa.

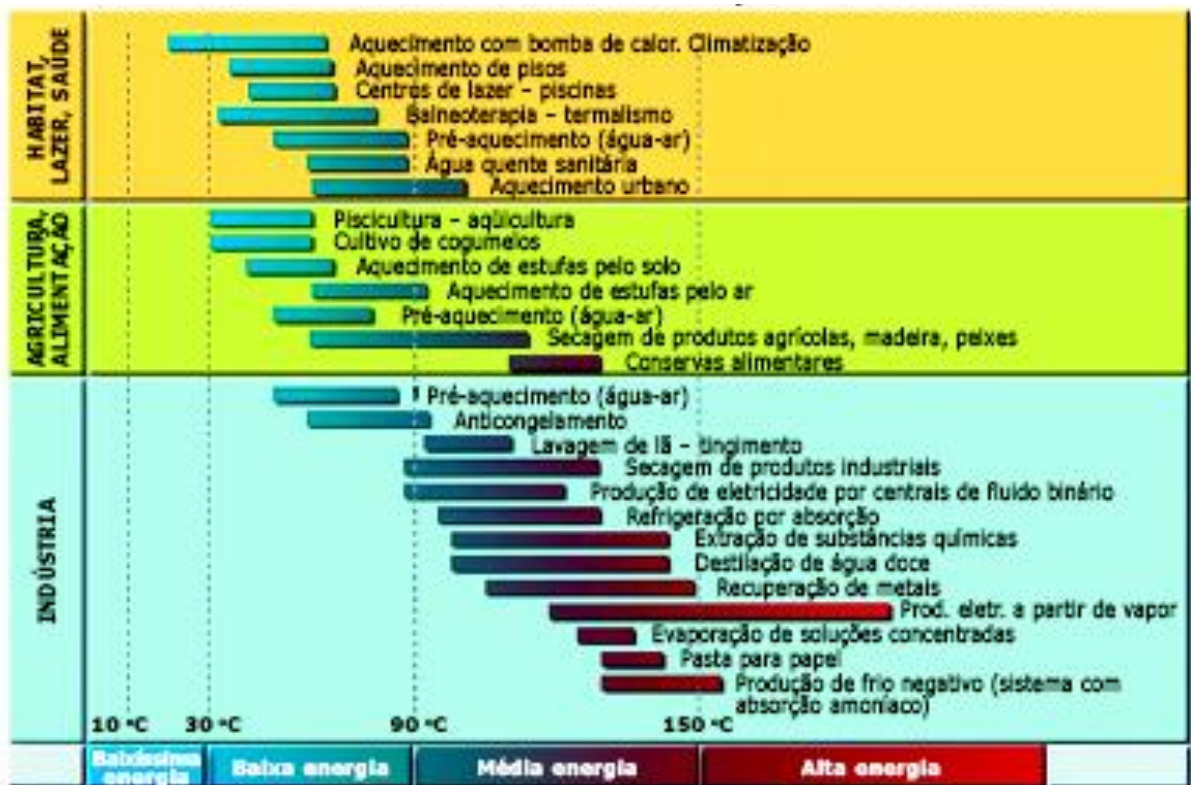


Figura 24– Principais aplicações da energia geotérmica em função das temperaturas de operação [63]

As vantagens da energia geotérmica são as seguintes [63]:

- Económica \Rightarrow assenta numa fonte de energia gratuita, a Terra, permitindo uma redução de custos de cerca de 80%;
- Ecológica \Rightarrow além de não contaminar os terrenos é isento de emissão de gases poluentes; enquanto o terreno está a ser utilizado para captação, pode ser usado para outros fins como a jardinagem;
- Rentável \Rightarrow pois a temperatura a uma profundidade de 60 cm é constante;
- Seguro \Rightarrow não exige para o seu funcionamento produtos inflamáveis, nem combustão.

4.2. CONDUÇÃO DE CALOR

Segundo a lei de Fourier [2], a condução de calor de um fluxo “q” é definida como sendo a quantidade de energia térmica que percorre a área em causa, por unidade de tempo. Num meio isotrópico, esta lei pode-se representar do seguinte modo (figura 25):

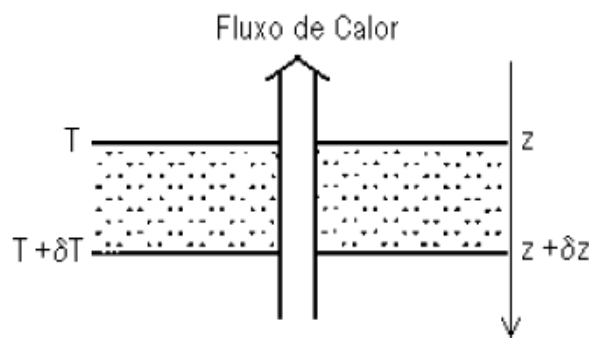


Figura 25 – Esquema representativo do fluxo de calor num meio isotrópico [2]

O fluxo de calor é proporcional ao gradiente de temperatura nesse ponto [2]. Logo, escrever-se-á:

$$\vec{q} = -K \cdot \vec{\nabla} T \quad (13)$$

em que:

q – fluxo de calor ($W \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$)

K -Condutividade térmica ($W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$)

Assumindo que é um processo de transferência de calor estacionário e unidimensional através de uma barra de material de condutibilidade térmica K e não havendo produção de calor no interior do volume de material, tem-se [2]:

$$\frac{d}{dz} \left(-K \frac{dT}{dz} \right) \partial z = 0 \quad (14)$$

Esta expressão traduz o princípio de conservação de energia, isto é, a energia que, por unidade de tempo, entra pela face localizada em $z + \delta z$ é igual à que sai em x . Havendo uma produção de calor, a uma taxa Q , por unidade de massa, a conservação de energia é expressa pela seguinte equação:

$$-K \cdot \frac{d^2 T}{dz^2} = \rho \cdot Q \quad (15)$$

em que:

ρ - massa volúmica ($kg \cdot m^{-3}$)

Esta expressão permite o cálculo da temperatura em pontos no interior da região, desde que se imponham condições de fronteira.

Podemos ainda aplicar esta equação para determinar e, de alguma forma, conhecer a distribuição da temperatura no interior do planeta, usando como condições de fronteira o fluxo e a temperatura de superfície, integrando, entre 0 a z , a expressão 15. Assim, vem:

$$\rho \cdot Q \cdot z = -K \frac{dT}{dz} + c \quad (16)$$

onde c é uma constante de integração.

À superfície, em que $z=0$, o fluxo de calor, virá:

$$q = -K \cdot \frac{dT}{dz} = q_s \quad (17)$$

Substituindo na equação 16, fica:

$$\rho \cdot Q \cdot z = -K \cdot \frac{dT}{dz} + q_s \quad (18)$$

Integrando novamente esta última equação, em ordem a z , fica:

$$\rho \cdot Q \cdot \frac{z^2}{2} = -K \cdot T + q_s \cdot z + c_1 \quad (19)$$

em que c_1 é uma constante que se determina, impondo que a temperatura à superfície seja igual a T_s , assim:

$$T = T_s + \frac{q_s}{K} \cdot z - \frac{\rho \cdot Q}{2 \cdot K} \cdot z^2 \quad (20)$$

Esta última expressão pode ser utilizada para calcular e obter o valor da temperatura de acordo com a profundidade [2]. No caso da geotermia, pensar-se-á na Terra e supondo que o fluxo de calor é sobretudo por condução. Poder-se-á observar na figura 26, a curva geotérmica que relaciona a temperatura com a profundidade.

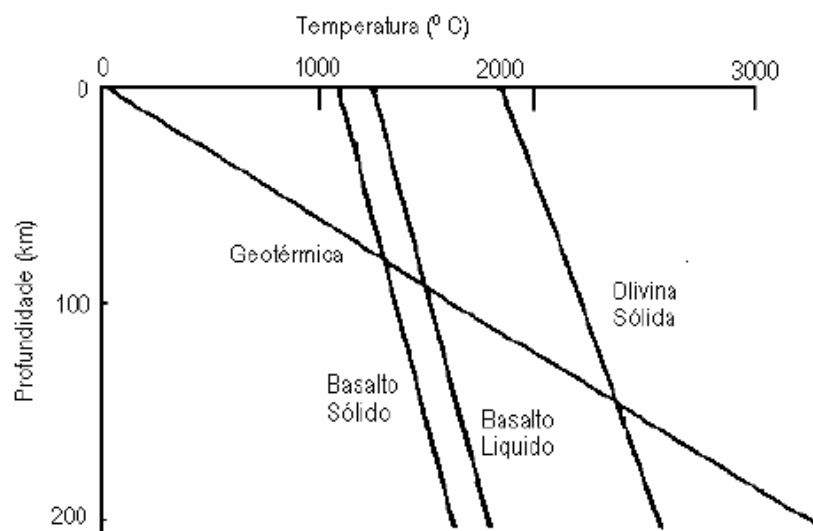


Figura 26 – Curva geotérmica que relaciona a temperatura com a profundidade [2]

Analisando a figura 26, verifica-se que a profundidades superiores a 100 km, o manto deveria apresentar uma fusão significativa e que a profundidades superiores a 150 km, todo o manto está em fusão, não prevendo corretamente o perfil de temperaturas do manto.

Neste trabalho, tendo em conta o tipo de solo, que não é de origem vulcânica, ter-se-á de optar por permutadores de calor geotérmicos. Estes equipamentos usam a Terra como fonte de calor ou então através de um furo, onde ocorre a troca de calor entre o solo e as tubagens. Este tipo de permutadores tem vindo a ganhar uma especial atenção

a nível internacional, tanto na conservação de energia, como em situações de aquecimento (setor residencial e comercial). Nos permutadores geotérmicos verticais, o calor é trocado entre os tubos (simples ou em U) dos radiadores e o solo. Esta troca é feita através de um fluido em circuito fechado (figura 27).

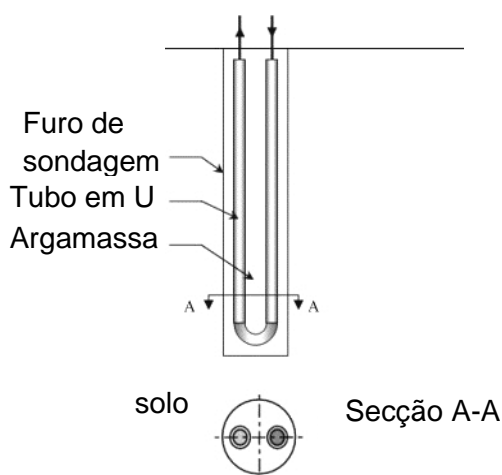
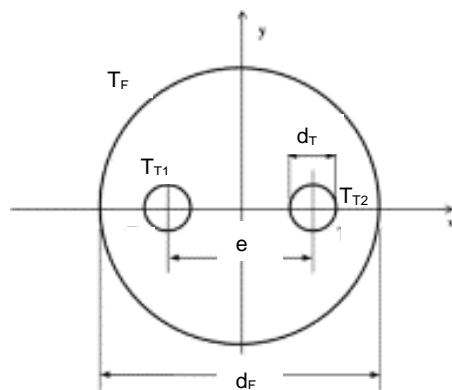


Figura 27 – Transferência de calor num furo geotérmico [66,67,68,69,70 e 71]

Uma série de modelos analíticos e numéricos foram desenvolvidos com o objetivo de determinar a taxa de transferência de calor para ou a partir do solo na vertical em forma de U. Os modelos analíticos usados consideram o fluxo de calor linear ou em cilindro. Para resolver a distribuição de temperatura em todo o domínio, incluindo os solos circundantes, os modelos numéricos utilizam métodos de diferenças finitas ou volumes finitos nas regiões internas do furo geotérmico [66,67, 68, 69, 70, 71 e 72]. Na maioria das aplicações de engenharia destes permutadores, despreza-se a transferência de calor na envolvente deste, simplificando-se apenas dentro do furo, considerando-se assim este processo de transferência de calor em estado estacionário. No entanto, deve-se calcular cuidadosamente a respectiva resistência térmica entre a superfície dos tubos e a superfície da perfuração (R_{TP}), desenhando ou simulando os respectivos permutadores, tendo em conta a geometria e as propriedades térmicas do solo. Devido à sua complexa geometria e à posição dos respetivos condutores, assim como a presença de materiais

de diferentes propriedades térmicas, torna-se difícil obter uma solução analítica para a obtenção de R_{TF} .

O primeiro modelo foi desenvolvido por Gu e por O'Neal, em 1998 [72]. Para tal, estes assumiram que a transferência de calor se faz no estado estacionário, assim como a concentricidade de um tubo com o respectivo furo geotérmico. Durante o estudo, os autores utilizaram a técnica da cartografia de simulação do fenómeno, assim como o princípio de sobreposição múltipla de fontes de calor com a finalidade de constatar os erros e avaliar a resistência térmica do solo na área circundante. Estes resultados mostraram que a resistência térmica depende do diâmetro do tubo, assim como do espaçamento entre estes, tal como se pode ver na figura 28 e na equação 21.



$$R_{TF} = \frac{1}{2\pi \cdot K_A} \times \ln \left(\frac{d_F}{d_T} \sqrt{\frac{d_T}{e}} \right) \quad (21)$$

em que:

R_{TF} - resistência térmica entre o tubo e furo geotérmico ($m.K.W^{-1}$)

K_A - condutividade térmica argamassa ($W.m^{-1}.K^{-1}$)

d_F - diâmetro do furo geotérmico (m)

d_T - diâmetro tubo (m)

e - espaçamento entre tubos (m)

Figura 28 – Diagrama esquemático de um furo geotérmico e suas coordenadas [2]

Os cinco parâmetros mais importantes no dimensionamento de um permutador de calor de perfuração são:

- ✓ a condutividade térmica do solo/rocha – a conceção de um permutador de calor de perfuração é proporcional à condutividade térmica da terra, e um granito com uma condutividade térmica de $3.30 W.m^{-1}.K^{-1}$ é três vezes melhor do que um solo de barro com uma condutividade térmica de $1.10 W.m^{-1}.K^{-1}$ [65].
- ✓ a resistência térmica;
- ✓ a constante temperatura da Terra;
- ✓ as taxas de transferência de calor,
- ✓ a quantidade de fluxo de massa do calor do fluido de transporte.

A resistência térmica da perfuração é definida por um número de variáveis de desenho desde a sua composição, a quantidade de fluxo do calor que o fluido transfere, o tipo de fluido, o diâmetro de perfuração, o material de tubo de permutador de calor e o material de reboco ou argamassa. Quanto maior é a resistência térmica dos elementos de perfuração individuais, menor será a quantidade de transferência de calor entre o fluido de transporte de calor e a Terra; assim vai ser necessário uma maior profundidade entre a Terra e o permutador. Por isso, o ideal será uma baixa resistência térmica. Desde os estudos pioneiros nos anos 1970 quanto a bombas geotérmicas do tipo vertical em forma de U emergiu como o método preferencial de construção de permutador de calor. Nesses tipos de sistemas, a Terra é o permutador de calor; vulgarmente compõe-se de um campo de perfurações verticais.

Um bom dimensionamento do equipamento de captação de água é bastante importante, pois caso contrário pode contribuir, por vezes, de uma forma significativa, para o envelhecimento prematuro da captação. A fiabilidade, a simplicidade e facilidade de instalação são as menos afetadas pelos desvios de verticalidade do furo. A simplicidade do funcionamento e a economia das eletrobombas submersíveis têm contribuído para a sua aplicação generalizada, sempre que o nível da água esteja para além do limite de aspiração, em detrimento de outras opções, em captações, tipo furo, de água subterrânea e em particular de águas minerais naturais.

A eletrobomba submersível, não é mais que uma bomba centrífuga acoplada a um motor elétrico capaz de funcionar submerso em água, em que o ralo da entrada da água localiza-se entre o motor e a célula (podem ser várias) de compressão.

A seleção criteriosa da eletrobomba submersível, passa necessariamente pelo conhecimento prévio:

- ✓ das características da energia disponível (mecânica/elétrica), sendo que atualmente é relativamente fácil dispor de uma rede elétrica a 220 ou 350 V;
- ✓ das características técnicas da captação, com particular destaque para o caudal, nível dinâmico, profundidade e diâmetro da câmara de bombagem (por norma acima do primeiro dreno);
- ✓ da elevação acima do solo;
- ✓ da pressão requerida no ponto de máxima elevação;
- ✓ da altura manométrica total, incluindo as perdas de carga nas tubagens;
- ✓ das características físico-químicas do recurso hidromineral.

Qualquer catálogo de eletrobombas submersíveis disponibiliza não só as dimensões do corpo da bomba e do motor, número de células, potência do motor, como também as curvas características de elevação da água e de rendimento da bomba em função do caudal e, ainda, a respetiva curva da potência absorvida pelo motor, indispensáveis para a sua seleção.

Para a seleção da eletrobomba submersível é fundamental uma análise daqueles elementos e ter em atenção os seguintes princípios básicos:

- ✓ o diâmetro do motor deve ser inferior (2,5 a 3 cm, pelo menos) ao diâmetro da câmara de bombagem, em função do caudal e das características do recurso hidromineral;
- ✓ a relação das curvas de elevação de água e de rendimento da bomba, em função do caudal:
 - na primeira, o caudal diminui com a altura de elevação da água;
 - na segunda, o rendimento da bomba melhora com o aumento do caudal e com a diminuição da altura de elevação, até a um valor máximo de 70-75%, a partir do qual começa a diminuir com o aumento de caudal mesmo que acompanhado de diminuição drástica da altura de elevação;

Em conclusão, a eletrobomba submersível deve assegurar o caudal pretendido para a altura de elevação da água necessária, dentro do rendimento 70-75% da bomba, com a menor potência absorvida pelo motor.

4.3. IMPLEMENTAÇÃO DE ENERGIA GEOTÉRMICA

Um fator crucial para a produção de energia geotérmica é o número de horas que os refrigeradores trabalham. Através da análise dos valores médios das temperaturas de entrada e saída de água dos quatro refrigeradores, do ar exterior e água dos moldes (anexo J.1, figuras J.1, J.2 e figura 29) calculados com base nos registos diários (anexo A na figura A.1) durante o ano, constatou-se que dos quatro refrigeradores existentes na zona técnica, cerca de seis meses apenas três estão a operar; nos restantes seis, na época de primavera e verão, todos são necessários. Pelas características dos mesmos e após os cálculos efetuados apresentados no anexo J, concluiu-se que há necessidades totais de refrigeração de cerca de 1900 kW ($Q_1+Q_2+Q_3+Q_4$).

Para a empresa Simoldes Plásticos S.A., existem duas opções para a implementação da energia geotérmica: i) uma será a convencional, mais especificamente de captação vertical devido à falta de espaço ou ii) através de dois furos abertos em que se baseará num circuito fechado de entrada de água dos moldes vindos das máquinas de injeção e retorna à temperatura pretendida (cerca de 12°C) através de uma bomba geotérmica debaixo de solo com uma eficiência muito maior que as convencionais.

4.3.1. CÁLCULOS PARA A OPÇÃO DA ENERGIA GEOTÉRMICA CONVENCIONAL

Tal como foi descrito anteriormente, existem quatro refrigeradores na zona técnica. Diariamente, a equipa de manutenção regista todos os valores respeitantes à zona técnica, tais como temperatura ambiente, temperatura da água dos moldes, temperaturas de entrada e saída dos quatro refrigeradores. A partir dos registos diários (anexo A, figura A.1), calculou-se os valores médios mensais das temperaturas de entrada e de saída de água dos quatro refrigeradores (tabela 11), bem como as temperaturas médias mensais de ar exterior e de água dos moldes, desde janeiro a setembro de 2010 (figura 29).

Tabela 11 - Tabela resumo dos valores das temperaturas de entrada e saída de água dos quatro refrigeradores, temperaturas exterior e água dos moldes

MÊS	VALORES DE ENTRADA				VALORES DE SAÍDA				T _{EXTERIOR}	T _{H2O MOLDES}
	REFRIGERADOR 1	REFRIGERADOR 2	REFRIGERADOR 3	REFRIGERADOR 4	REFRIGERADOR 1	REFRIGERADOR 2	REFRIGERADOR 3	REFRIGERADOR 4		
Janeiro	18,3	16,8	18,5	18,4	14,7	16,8	14,5	12,3	9,8	16,6
Fevereiro		19,1	18,2	18,1		15,6	14,2	12,3	8,4	15,6
Março	18,1		19,2	18,9	12,5		12,2	13,9	15,4	16,3
Abril	19,0	19,6	19,1	19,2	11,3	15,6	14,5	14,2	17,9	16,5
Maio	18,7	19,2	18,9	18,6	11,7	14,0	13,7	13,2	18,6	16,2
Junho	18,3	19,3	18,4	18,0	12,1	14,1	14,9	12,8	20,7	15,8
Julho	18,8	19,6	18,8	18,5	13,0	14,1	13,1	12,5	21,6	15,9
Agosto	18,2	18,85	18,4	18,2	12,1	14,09	14,3	12,2	25,8	15,8
Setembro	19,4	20,1	19,4	19,1	13,0	14,7	16,3	13,3	18,3	15,7

Relativamente às temperaturas de ar exterior e da água dos moldes, os seus valores estão expressos no seguinte gráfico da figura 29.

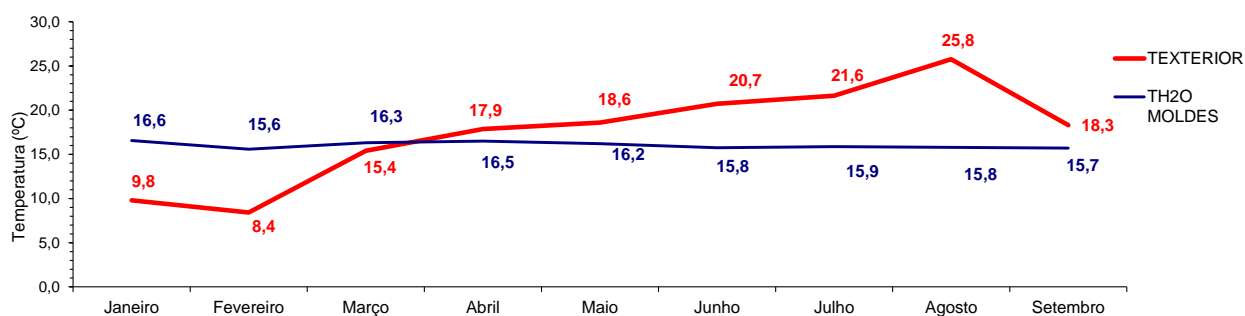


Figura 29 - Valores médios das temperaturas exterior e da água dos moldes entre janeiro e setembro 2010

Os valores médios calculados para a obtenção de potência de arrefecimento de cada refrigerador entre janeiro e setembro de 2010 são apresentados na tabela 12. Os respetivos cálculos podem ser consultados no anexo J.

Tabela 12 – Valores médios calculados para a obtenção da potência de arrefecimento de cada refrigerador entre janeiro e setembro 2010

REFRIG.Nº	P _{arref.bomba} (kW)	\dot{V} (m ³ /h)	\dot{m} (Kg/s)	C _p (J / (kg.°C))	ΔT (°C)	Q _{arref-} (W)
1	8,4	85,0	23,6	4185	6,7	661732
2	7,9	73,0	20,3	4183	5,4	457411
3	7,9	73,0	20,3	4184	4,3	364322
4	8,5	62,5	17,3	4185	6,3	457178
TOTAL	-	293,5	81,5	-	-	1.940.643

Com a informação retirada da associação internacional de bombas geotérmicas, concluiu-se que cada furo geotérmico extrai uma capacidade energética de 5kW.h. Assim, perante a ordem de grandeza que é a realidade desta empresa (≈ 1900 kW) seriam necessários cerca de 380 furos geotérmicos, sendo este valor impensável para um eventual projeto. Pensando na substituição de apenas uma máquina de frio com uma potência equivalente de 475 kW.h levaria a um valor de 95 furos geotérmicos, sendo igualmente impossível.

4.3.2. CÁLCULOS PARA A OPÇÃO DE FUROS ABERTOS

Do levantamento dos dados a inserir no simulador (FHP Manufacturing Chiller Application Data (figura 30), verificou-se a necessidade de conhecer o valor médio anual da temperatura do ar.

Como se pode ver na figura 29 e com o apoio dos registos diários, pode-se concluir que o respetivo valor é de cerca de 17°C, durante o período entre janeiro e setembro de 2010.

Para que se garanta que os dois furos são comunicantes, assim como para avaliar a capacidade de água existente, fez-se uma medição dos níveis dos dois furos para se poder concluir a viabilidade de um eventual projeto geotérmico (tabela 13).

Tabela 13 – Dados de nível de água para verificação de comunicação entre os dois furos

PRÉ-AVALIAÇÃO DO LENÇOL FREÁTICO NO SOLO NA ZONA TÉCNICA			
FURO 1		FURO 2	
BOMBA LIGADA	BOMBA DESLIGADA	BOMBA LIGADA	BOMBA DESLIGADA
12 m	10,60 m	11,5 m	10,40 m

Assim, estão criadas as condições para a inserção dos dados, tal como se pode ver na figura 30:

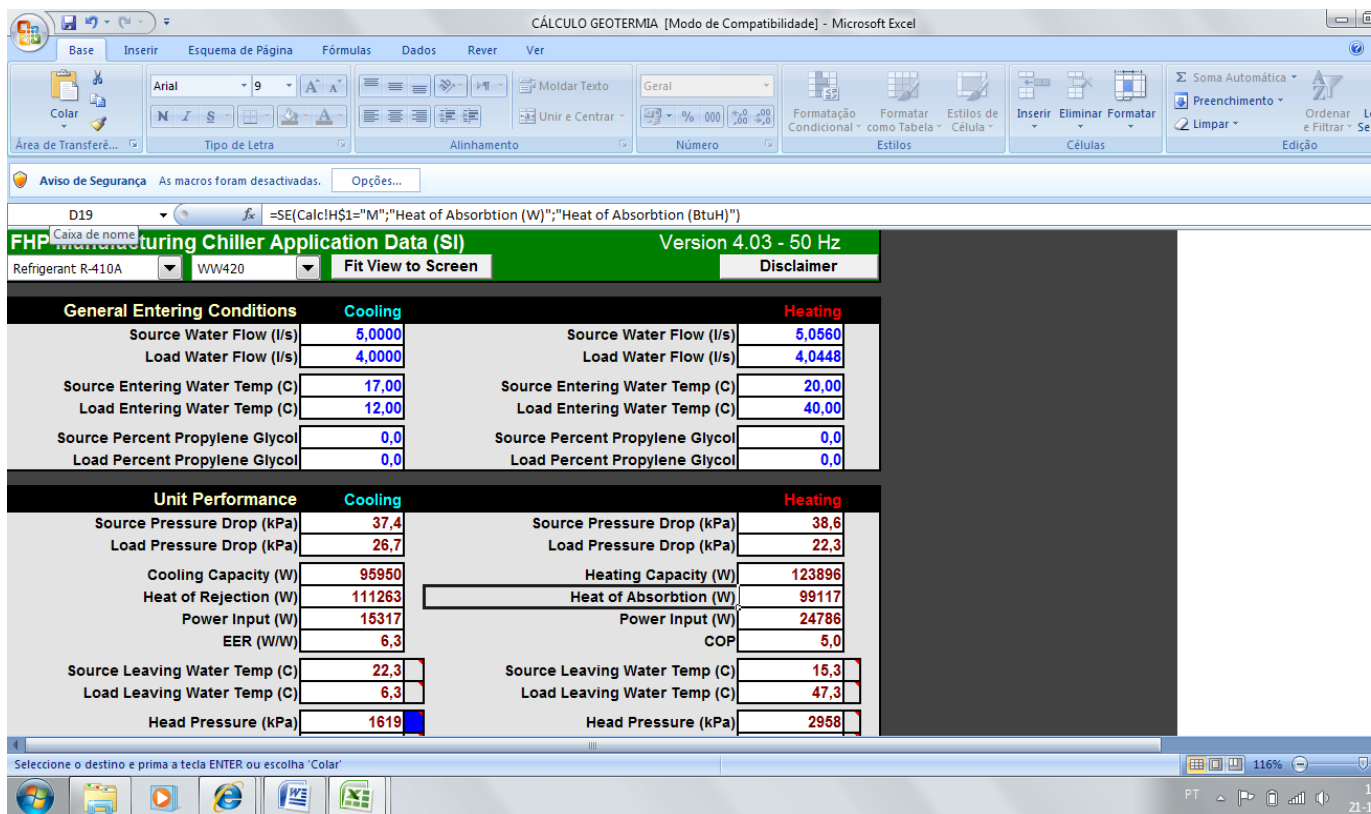


Figura 30 - Simulador para a determinação de potência eléctrica consumida, COP assim como potência

O preenchimento foi feito no lado do arrefecimento, inserindo-se os valores da temperatura média do ar e da temperatura de água dos moldes. Estas temperaturas referem-se a um período de nove meses de medições.

4.3.3. ANÁLISE ECONÓMICA

Relativamente ao investimento da energia geotérmica envolvendo a opção de furos abertos, simulou-se uma potência de arrefecimento. Para tal, colocaram-se duas hipóteses no que refere à potência a instalar: 500 ou 1000 kW, valores estes equivalentes

a um ou dois refrigeradores instalados actualmente na Simoldes Plásticos S.A. e referenciados anteriormente como refrigerador nº2. Este refrigerador foi o escolhido pelo facto de ser o menos eficiente comparativamente aos restantes. Na tomada de decisão, há que ter em conta que a bomba geotérmica irá substituí-lo, reduzindo desta forma a factura energética dada a sua elevada eficiência (tabela 14).

Tabela 14 – Custos de investimento para as duas opções de furos abertos

OPÇÃO	POTÊNCIA ARREFECIMENTO INSTALADA (kW)	POTÊNCIA REJEITADA POR REFRIGERADOR (kW)	Nº MÁQUINAS FRIO	PREÇO MÁQUINA FRIO (€)	CUSTO INVESTIMENTO (€)
1	500	111.263	5	112.500	562.500
2	1000	111.263	10	112.500	1.125.000

Após se ter chegado ao valor do investimento para ambas situações, determinou-se o custo energético anual em euros relativamente às duas opções (tabela 15).

Tabela 15 – Custo energético para as duas opções de furos abertos

OPÇÃO	POTÊNCIA ELÉCTRICA CONSUMIDA POR MÁQ.FRIO (kW/h)	TEMPO DE FUNCIONAMENTO (h/ano)	POTÊNCIA CONSUMIDA ANUAL (kW/ano)	Nº MÁQUINAS FRIO	CUSTO ENERGÉTICO (€/ano)
1	15,3	5808	88.862	5	31.102
2	15,3	5808	88.862	10	62.204

Na tabela 16, pode-se ler os valores do prazo de retorno para as mesmas situações.

Tabela 16 – Custo de investimento e prazos de retorno para as duas opções a nível de implementação de geotermia

OPÇÃO	CUSTO ENERGÉTICO (€)	CUSTO ENERGÉTICO CONDENSADOR ATUAL (€)	GANHO ENERGÉTICO (€)	CUSTO INVESTIMENTO (€)	VALOR ACUMULADO NUM ANO(€)	GANHO ANUAL (€)	PRAZO DE RETORNO (ANOS)
1	31.101,8	90.816,8	59.715	562.500	631.949	126.390	4,0
2	62.203,7	181.633,7	119.430	1.125.000	1.263.897	252.779	4,0

5. ANÁLISE ECONÓMICA GLOBAL

Para analisar simultaneamente todas as opções propostas, isto é, a colocação de isolamento térmico nos fusos das máquinas de injeção, a implementação de microgeração com painéis fotovoltaicos bem como a energia geotérmica, sintetizou-se na tabela 17 as opções que se aconselha para as três situações.

Tabela 17 – Opções selecionadas para cada oportunidade de otimização energética na Simoldes Plásticos S.A.

OPÇÕES PROPOSTAS	FORNECEDOR	INVESTIMENTO (€)	GANHO ANUAL (€)	PERÍODO DE RETORNO (ANOS)
MANTAS TÉRMICAS	JARRY	12.293	39.119	0,4
EN.SOLAR FOTOVOLTAICA	BP SOLAR	18.513	3.205	4,3
EN.GEOTÉRMICA	Bensaudespratley	1.125.000	252.779	4,0
TOTAL	-	1.155.806	295.103	4,3

Da análise da tabela 17, pode-se observar que tanta a opção de colocação de mantas térmicas como de energia solar fotovoltaica apresentam um valor de investimento muito menor que a energia geotérmica, correspondendo a 97% do valor total de investimento. Em contrapartida, esta apresenta um ganho anual muito mais alto comparativamente às outras duas opções, compensando no respectivo período de retorno (4 anos).

6. CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHO FUTURO

O objetivo deste projeto foi sugerir a aplicação de medidas que permitam diminuir o consumo energético na empresa Simoldes Plásticos S.A..

Analisou-se toda a sua envolvente, fazendo as descrições do processo de fabrico e do funcionamento da área técnica. Concluiu-se que do consumo total, 50% representam a potência motriz associada à potência dissipada pelos motores das máquinas e das respetivas bombas de circuito; 27% estão relacionados com a potência calorífica dissipada pelas máquinas; 20% dizem respeito aos refrigeradores e apenas 3% estão associados à iluminação. Outro elemento de estudo crucial foi a análise dos consumos e custos energéticos.

Atendendo às perdas e ineficiências inerentes à transferência de calor nas máquinas de injeção, obteve-se um valor de cerca de 25% de ganho no consumo de aquecimento do fuso da máquina de injeção, por colocação de mantas térmicas em máquinas de injeção de força de fecho de 1000 toneladas. Dentro deste universo, verificou-se que com os produtos da marca Jarry (modelos Elitex 656 F111 e Elitex NV), é possível obter um ganho energético anual de cerca de 32% com um ganho económico anual de 39.119 €, num período de retorno de 0,4 anos.

Relativamente à implementação da energia solar fotovoltaica, a Simoldes Plásticos S.A. dispõe de uma área de 2000 m² com uma grande incidência solar. Selecionou-se de entre quatro marcas, os painéis da marca BP Solar (modelo 4175), do tipo monocristalino de C-Si, apresentando uma produção de energia média anual de 4930 kW.h. O respetivo custo de investimento é de 18.513 € equivalente a um período de retorno de 4,3 anos. A nível de poupança, esta opção origina um valor de 3.205 €.

Quanto à implementação da energia geotérmica, verificou-se que o fulcro de estudo é a zona técnica. Um factor a salientar é o número de horas que, neste caso, os refrigeradores operam: 5808 horas anuais. Fazendo uma análise pormenorizada dos valores das temperaturas de entrada e saída dos quatro refrigeradores obtiveram-se valores de potência de arrefecimento médios entre janeiro e setembro de 2010 de 661, 457, 364 e 457 kW para os refrigeradores 1,2,3 e 4, respectivamente, equivalendo a uma potência de arrefecimento total de 1.939 kW. Pensou-se numa aplicação geotérmica que consiste em fazer o projeto e dois furos abertos, em que a água dos moldes circule em circuito fechado com a particularidade de passar numa bomba geotérmica para retornar à fábrica. Foi possível determinar a potência consumida assim como o respetivo coeficiente

de eficiência chegando a um valor de 111 kW de potência de arrefecimento, dissipando uma potência de 15.3 kW com um coeficiente de eficiência de 6.3 através do simulador cedido pelo fornecedor das bombas geotérmicas. O investimento é de 1.125.000 €, incluindo já a mão-de-obra das perfurações. A nível de custos de investimento, a opção de 500 kW será muito mais económica, pois só corresponde a 5 máquinas de frio com a desvantagem de ter um ganho anual de 126.390 €, muito mais baixo relativamente ao valor de 252.779 € para a hipótese de potência a instalar de 1000 kW. A melhor escolha será a implementação de uma potência de 1000 kW dado o ganho anual ser o dobro. Para além disso, caso haja alguma anomalia/avaria ter-se-á sempre uma máquina de frio disponível evitando eventual falha na área dos refrigeradores, área esta vital para o funcionamento da fábrica, apesar do seu investimento ser mais elevado comparativamente à primeira opção. O prazo de retorno corresponde a 4 anos.

Analisando as três soluções que foram apresentadas para otimizar energeticamente a empresa Simoldes Plásticos, S.A., no seu total equivalem a um investimento total de 1.155.806 €, obtendo-se um ganho anual de 295.103 € com um período de retorno total de 4,3 anos.

Como sugestão para trabalho futuro, a nível de eficiência energética, mais especificamente na vertente de iluminação, aconselha-se definir uma periodicidade de limpeza do telhado nas áreas das clarabóias, permitindo um maior aproveitamento da luz natural, uma vez que as lâmpadas acendem-se automaticamente por meio de sensores, dependendo da luminosidade existente.

7. LISTA DE REFERÊNCIAS

- [1]
http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010247442007000300003&lng=en&nrm=iso&tlng=en ⇒ acedido em 04/05/2008.
- [2] Miranda J.M., Luís J.F., Costa P.T., Santos F.M., "Fundamentos Geofísica-capítulo 6- Págs.130-138.
- [3] www.abcm.org.br//Xi_creem/resumos/TF/CRE04-TF49.pdf ⇒ acedido em 04/05/2008.
- [4]
www.nteditorial.com.br/revista/Materiais/index.asp?RevistaID1=1&Edicao=36&id=268&apcolD=453 ⇒ acedido em 11/05/2008.
- [5] www.aprh.pt/congressoagua98/files/com/076.pdf ⇒ acedido em 11/05/2008.
- [7] www.scopus.com/scopus/home.urlpsousa@dq.ua.pt ⇒ acedido em 18/05/2008.
- [8] www.solidina.com/pt/energia_geotermica.html ⇒ acedido a 08/05/18.
- [9] www.neditorial.com.br/revista/Materiais/?RevistaID1=7&Edicao=54&id=417 ⇒ acedido a 08/05/27.
- [10] www.gudenergy.pt/index_PT.html ⇒ acedido a 08/05/27.
- [11] Barloy, Jean-Jacques, "Este planeta em que vivemos", Amigos do livro editores, Lda, 19.
- [12] Ribeiro, M.A., "O Maciço da Gralheira-Da Freita a S.Macário"-um guia com algumas crónicas-Câmara Municipal de Arouca-1999.
- [13] Fernandes, M.A., Bastos M.P., "Macinhata da Seixa-documentada mostragem da terra e evolução do seu povo, Câmara Municipal de Oliveira de Azeméis, 1985.
- [14]
<http://www.cnads.pt/docs/Reflex%C3%A3o%20Energia%20e%20Sustentabilidade.pdf>.
- [15] Boyle, G. "Renewable Energy – Power for a sustainable future", Oxford; Oxford University Press, (1996).
- [16] Delayney, C.F.G., "Electronic for the physicist", Middlesex, England, Penguin Books, (1971).
- [17]
http://www.energiasrenovaveis.com/DetalhesNoticias.asp?ID_conteudo=70&ID_area=4&ID_subarea=9 ⇒ acedido em 20/06/2008.
- [18] http://www.energiasolaratlantico.com/CRbst_18.html ⇒ acedido em 20/06/2008.
- [19] <http://www.enat.pt/downloads/PUB-geotermia.2008.pdf> ⇒ acedido em 20/06/2008.

- [20] http://www.france-conesud.cl/drDF/drc_FF/franciaf43.pdf ⇒ [acedido](#) em 24/02/2009.
- [21] http://www.awp.eu/awpwaermepumpen/solewasser/auslegung_f.html ⇒ [acedido](#) em 15/03/2009.
- [22] <http://www.renovaveisnadora.pt/inicio> ⇒ [acedido](#) em 12/04/2009.
- [23] http://www1.capes.gov.br/estudos/dados/2004/28001010/005/2004_005_28001010_007P7_Disc_Ofe.pdf ⇒ [acedido](#) em 13/04/2009.
- [24] Lu X. and W.Kieffer S., **“Thermodynamics and Mass Transport in Multicomponent, Multiphase H₂O Systems of Planetary Interest”**, Annual Review of Earth and Planetary Science, 37, (2009), 23.1-23.29.
- [25] Martinot E., Chauvrey A., Lew D., Moreira José Roberto and Wamukonya Njeri, **“Renewable Energy markets in developing countries”**, Annual Review of Energy and the Environment, 27, 309 -348, (2002).
- [26] Barney L, “Encyclopedia of Energy Engineering and Technology” por Barney L. Capehart. 744-752.
- [27] The Future of Geothermal Energy Impact of Enhanced Geothermal Systems (EGS) on the United States in the 21st Century ⇒ [acedido](#) em 19/04/2009.
- [28] http://geothermal.inel.gov/publications/future_of_geothermal_energy.pdf ⇒ [acedido](#) em 19/04/2009.
- [29] Kaygusuz K. and Bilgen S., **“Thermodynamic Aspects of Renewable and Sustainable Development”**, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environment Effects, 31:4, (2009), 287-298.
- [30] Bilgen S. and Kaygusuz K., **“Second Law ((Exergy) Analysis of Cogeneration System”**, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects, 30:13 (2008), 1267-1280.
- [31] Kutasov I. M. and Eppelbaum L.V., **“Estimation of geothermal gradients from single temperature log-field cases”**, Journal of Geophysics and Engineering, 6 (2009), 131-135.

- [32] Wagner R., and Clauser C., ***“Evaluating thermal response tests using parameter estimation for thermal conductivity and thermal capacity”***, J.Geophysics, 2, (2005), 349-356.
- [33] Wolf K., D.Gilding, Wever, ***“A geothermal site combined with CO₂-storage”***, Earth and Environmental Science, 6, (2009), 172025.
- [34] Clauser C., ***“New and classical applications of heat flow studies”***, Journal of Geophysics and Engineering 2 ,(2005).
- [35] Mostafa H. S., Esmail M. M. and Hassan M. B., ***“Effective pipe-to-borehole thermal resistance for vertical ground heat exchangers”***, Geothermics, Volume 38, (2009), 271-277.
- [36] Marcotte D. and Pasquier P., ***“Fast fluid and ground temperature computation for geothermal ground-loop heat exchanger systems”***, Geothermics, 37,(2008), 6 651-665.
- [37] Lee C.K. and Lam H.N., ***Computer simulation of borehole ground heat exchangers for geothermal heat pump systems***, Renewable Energy, 33, (2008), 6, 1286-1296.
- [38] Katsura T., Nagano K. and Takeda S., ***Method of calculation of the ground temperature for multiple ground heat exchangers***, Applied Thermal Engineering, 28, (2008) 14-15, 1995-2004.
- [39] Gao J., Zhang X., Liu J., Li K. S. and Yang J. ***“Thermal performance and ground temperature of vertical pile-foundation heat exchangers: A case study”***, Applied Thermal Engineering, 28, (2008), 2295-2304.
- [40] Verma S. P.; Pandarinath K., Santoyo E., ***“Solgeo:A new computer program for solute geothermometers and its application to Mexican geothermal fields”***, Geothermics, 37,(2008)597-621.
- [41] Ozgener Onder, Hepbasli Arif, ***“Modeling and performance evaluation of grund source (geothermal) heat pump systems”***, Energy and Buildings, 39,(2007), 66-75
- [42] Yukutake Takesi, ***“The inner core and the surface heat flow as clues to estimating the initial temperature of the Earth’s core”***, Physics of the Earth and Planetary Interiors, 121, (2000), 103-137

- [43] Zeng H.Y., Diao N.R. and Fang Z.H., ***“A Finite Line-Source Model for Boreholes in Geothermal Heat Exchangers”***, Heat Transfer-Asian Research, 31 (2002), 558-567
- [44] <http://www.solgeo.it/en/drilling-holes-drift-measurements.php> ⇒ acedido em 11/06/2009.
- [45] [http://www.grundfos.com/web/homelD.nsf/ad40134eb90502a6c1256ac400234192/5618610ec141dd1547256be600130984/\\$FILE/CRE_brochure.pdf](http://www.grundfos.com/web/homelD.nsf/ad40134eb90502a6c1256ac400234192/5618610ec141dd1547256be600130984/$FILE/CRE_brochure.pdf) ⇒ acedido em 30/06/2009.
- [46] <http://www.domenicali.it/fileadmin/utente/prodotti/civile/calpeda/pdf/GRUPPI-PRES.pdf> ⇒ acedido em 13/07/2009.
- [47] <http://www.sondagensbatalha.com/etapas.html> - ⇒ acedido em 02/08/2009.
- [48] http://www.ibc-solar.es/fileadmin/content/home/downloads/spanisch/Solarmodule/STP_260_24VB_280_24VB_ES_08_08_2_.pdf ⇒ acedido em 20/09/2009.
- [49] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/pvest.php#> ⇒ acedido em 20/09/2009.
- [50] <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps3/PVcalc.php> ⇒ acedido em 20/09/2009.
- [51] <http://www.sunlab.com.br/panel.htm> ⇒ acedido em 11/10/2009.
- [52] <http://www.energiasverdes.com/fichastecnicas/sanyo/SANHIH205.pdf> ⇒ acedido em 12/10/2009.
- [53] <http://risco4.wordpress.com/2008/08/02/amareleja-solar/> ⇒ acedido em 30/11/2009.
- [54] <http://www.solenerg.com.br/rede.htm> acedido em 01/12/2009.
- [55] http://www.geothermal-energy.org/304,iga_geothermal_conference_database.html ⇒ acedido em 09/06/2010.
- [56] http://www.renovaveisnagora.pt/c/document_library/get_file?folderId=15654&name=D_LFE-4403.pdf ⇒ acedido a 28/06/2010.
- [57] http://www.echelmeier.com/skin1/Documents/BAC_2009_ECAT.pdf ⇒ acedido em 14/09/2010.

- [58] http://www.estg.ipleiria.pt/files/307309_c8_proc_plastic_43824df066e58.pdf ⇒
 acedido em 08/10/2010.
- [59] <http://www.igshpa.okstate.edu/geothermal/geothermal.htm> ⇒ acedido em
 11/10/2010.
- [60] Sousa, J.B., **"Apontamentos de semicondutores e dispositivos"**, Porto, Departamento de Física da Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, 1998.
- [61] Quaschnig V. **"Understanding renewable energy systems"**, 1ª edição, Londres, Earth Scan (2005).
- [62] Allonso, M; Finn E.J.; Física, Espanha, Addison-Wesley Longman (1992).
- [63] Dickson M.H. and Fanelli M., **"What is geothermal energy?"**, Istituto di Geoscience e Georisorse, CNR, Pisa, Italy (2004).
- [64] Boeker, E., Grondelle R. Van, **"Environmental Physics"**, 2ª edição, Chicester, John Wiley and Sons (1999).
- [65] Hearst Joseph. R., Nelson Philip H., and Paillet F.L., **"Well logging for Physical Properties – o handbook for Geophysicists, Geologists and Engineers"**, Wiley-2nd, edition (1999).
- [66] Bose, J.E., Parker, J.D., McQuiston, F.C., **"Design/Data Manual for Closed-Loop Ground-Coupled Heat Pump Systems"**, American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers (ASHRAE), Atlanta, GA, USA, 312 pp (1985).
- [67] Eskilson, P., Claesson, J., **"Simulation model for thermally interacting heat extraction boreholes"**, Numerical Heat Transfer 13, 149-165, (1988).
- [68] Deerman, J.D., Kavanaugh, S.P., **"Simulation of vertical U-tube ground coupled heat pump systems using the cylindrical heat source solution"**, ASHRAE Transactions 97, 287-295, (1991).
- [69] Bi, Y., Chen, L., Wu, C., **"Ground heat exchanger temperature distribution analysis and experimental verification"**, Applied Thermal Engineering 22, 183-189, (2002).

- [70] Zeng, H., Diao, N., Fang, Z., “**Heat Transfer Analysis of Boreholes in Vertical Ground Heat Exchangers**”, International Journal of Heat and Mass Transfer 46, 4467-4481, (2003).
- [71] Li, X., Chen, Z., Zhao, J., “**Simulation and experiment on the thermal performance of U-vertical ground coupled heat exchanger**”, Applied Thermal Engineering 26, 1564-1571, (2006).
- [72] Gu, Y., O’Neal, D.L., “**Development of an equivalent diameter expression for vertical U-tubes used in ground-coupled heat pumps**”, ASHRAE transactions 104, 347-355, (1998).
- [73] Perry, R.H., Chilton, C.H., “**Chemical Engineers Handbook**”, McGraw-Hill Book Company, Edition New York, (1973).
- [74] Osborne, S., Ginnings B., “**Handbook of Chemistry and Physics**”, 53rd edition, Cleveland, 23, 238 (1972-1973).
- [75] Metcalf & Eddy, Inc., “Wastewater Engineering-Treatment and Reuse”, Mc Graw-Hill, 5th edition,

INSTITUTO SUPERIOR DE ENGENHARIA DO PORTO

MESTRADO EM ENGENHARIA QUÍMICA
RAMO OPTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA INDÚSTRIA QUÍMICA



OTIMIZAÇÃO ENERGÉTICA NA EMPRESA SIMOLDES PLÁSTICOS, S.A.-ANEXOS

Sara Maria de Bastos Peixoto Lages

Novembro 2011

Orientação: Dra.Simone Morais
Co-Orientação: Dra.Anabela Guedes

INDICE

A. LEVANTAMENTO DOS VALORES DE TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DE ÁGUA DOS REFRIGERADORES, TEMPERATURA EXTERIOR E DA ÁGUA DOS MOLDES	1
B. CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DAS BOMBAS EXISTENTES NA ZONA TÉCNICA.....	2
C. PASSOS PARA SE OBTER OS VALORES DAS POTÊNCIAS POR SETOR	3
C.1. MENU PRINCIPAL.....	3
C.2. MENU “INSPECÇÕES”	4
C.3. MENU HISTÓRICO DE INSPECÇÕES	4
C.4. HISTÓRICO DE INSPECÇÕES.....	5
D. CARATERÍSTICAS DAS MANTAS TÉRMICAS EM ESTUDO PARA EVENTUAL APLICABILIDADE.....	6
E. CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DO ANALISADOR DE REDE UTILIZADO NAS MEDIÇÕES	8
F. VALORES DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO PARA O ESTUDO DA VIABILIDADE DO INVESTIMENTO DE MANTAS TÉRMICAS.....	9
G. DECRETO-LEI Nº363/2007	15
H. PROGRAMA PVGIS USADO NO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO.....	22
I. CARATERÍSTICAS DOS PAINÉIS SOLARES	24
I.1. EXEMPLO DE CÁLCULO	32
VALOR DA POTÊNCIA PICO DO INVERSOR	32
VALOR DA POTÊNCIA MÁXIMA DO PAINEL	32
CÁLCULO DA EFICIÊNCIA	32
I.2. CÁLCULO DO ORÇAMENTO PARA ENERGIA PRODUZIDA PELO SISTEMA ELETROPRODUTOR	
33	
LEVANTAMENTO DOS VALORES DE TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DE ÁGUA, TEMPERATURA EXTERIOR E DE ÁGUA DOS MOLDES	33
J. EXEMPLOS DE CÁLCULO PARA A A ENERGIA GEOTÉRMICA.....	34
J.1.VALORES MÉDIOS DAS TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DE ÁGUA, DO AR EXTERIOR E DE ÁGUA DOS MOLDES	34
J.2.CÁLCULO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 1 NO DIA 16 DE SETEMBRO DE 2010	35

J.3. CÁLCULO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 2 NO DIA 16 DE SETEMBRO DE 2010:	40
J.4. CÁLCULO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 3 NO DIA 16 DE SETEMBRO DE 2010:	43
J.5. CÁLCULO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 4 NO DIA 16 DE SETEMBRO 2010:	46
J.6.CARTA GEOTÉCNICA DO CONCELHO DE OLIVEIRA DE AZEMÉIS	49

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA A. 1 – EXEMPLO DE REGISTOS DIÁRIOS DE TODOS OS PARÂMETROS DA ÁREA TÉCNICA ENTRE OS DIAS 6 E 23 DE SETEMBRO DE 2010.....	1
--	---

A. LEVANTAMENTO DOS VALORES DE TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DE ÁGUA DOS REFRIGERADORES, TEMPERATURA EXTERIOR E DA ÁGUA DOS MOLDES

Para que se tenha toda a gestão e informação do funcionamento da área técnica da Simoldes Plásticos, S.A., diariamente a equipa de manutenção regista todos os valores de parâmetros fulcrais para o conhecimento do estado daquela mesma área (figura A.1).


		MANUTENÇÃO ÁREA TÉCNICA REGISTOS DIÁRIOS												DEPARTAMENTO MANUTENÇÃO 2010					
Data		06-09	07-09	08-09	09-09	10-09	11-09	12-09	13-09	14-09	15-09	16-09	17-09	18-09	19-09	20-09	21-09	22-09	23-09
Hora		8:20	8:10	8:10	8:20	8:20	8:15	8:05	08:55	7:20	8:20	8:10	8:20	8:10	8:20	8:20	8:10	8:20	8:20
Temperatura Exterior		20.6	19.6	17.9	19.8	19.1	20.8	22.8	20.4	17.2	17.3	16.1	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6	17.6
Temperatura água moldes		16.2	15.8	15.5	15.5	15.3	14.9	14.9	15.5	17.1	15.7	15.8	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7
Água Circulação		PH																	
Comp. N°1	OK / NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	Purga Condensados	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Comp. N°2	OK / NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	Purga Condensados	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Comp. N°3	OK / NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
	Purga Condensados	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Secad. AR	Ponto Orvalho	-0.1	-0.1	-0.1	-0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	Purga Condensados	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Filtros ar Comprim.		Purgar																	
Depósito ar Comprim		Purgar																	
Bombas Máquinas	Pressão	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar	5.0 bar
	OK / NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
B.Moldes Nave 5	Pressão	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar	4.0 bar
	OK / NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
B.Moldes Nave 2/3	Pressão	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar	6.0 bar
	OK / NOK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
REFRIGERADOR N°1	Temp. Entrada	17.8	18.8	19.5	19.6	19.6	19.1	18.9	18.5	19.4	19.5	19.4	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
	Temp. Saída	11.6	12.0	12.5	12.2	12.6	12.6	12.4	12.8	13.7	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8
	Comp. N°1 Alta P	14.1	14.7	13.5	13.8	13.7	14.7	14.8	14.0	14.8	13.8	12.9	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1
	Comp. N°1 Baixa P	2.3	2.5	2.4	2.4	2.4	2.3	2.4	2.3	4.4	2.2	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
	Comp. N°2 Alta P	11.8	16.0	15.3	15.0	15.0	16.7	16.7	16.5	12.1	5.3	15.2	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4	15.4
	Comp. N°2 Baixa P	5.1	4.4	4.4	4.4	4.4	4.6	4.5	4.6	3.9	4.9	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
REFRIGERADOR N°2	Temp. Entrada	18.4	19.3	20.1	20.2	20.1	19.7	19.4	20.3	19.9	20.1	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2
	Temp. Saída	13.9	13.9	14.4	14.2	14.2	13.5	14.2	14.9	14.0	14.6	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
	Comp. N°1 Alta P	14.4	15.5	14.9	15.2	14.8	16.3	16.5	16.5	14.2	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9
	Comp. N°1 Baixa P	3.8	3.0	3.0	3.1	3.1	3.2	3.1	3.2	3.1	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2	3.2
	Comp. N°2 Alta P	14.6	15.5	14.6	14.8	14.5	16.1	16.3	16.1	13.8	14.8	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
	Comp. N°2 Baixa P	4.0	4.2	4.2	4.2	4.1	4.3	4.4	4.4	3.8	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2	4.2
REFRIGERADOR N°3	Temp. Entrada	17.7	18.7	19.5	19.5	19.4	19.0	18.8	19.5	19.2	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
	Temp. Saída	18.1	14.2	16.2	16.0	16.2	12.6	14.3	15.2	19.0	16.9	17.0	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
	Comp. N°1 Alta P	6.6	14.5	13.0	12.8	6.5	15.2	15.1	15.5	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4
	Comp. N°1 Baixa P	4.5	3.9	4.9	4.8	4.8	3.8	3.8	3.9	5.0	5.3	5.1	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
	Comp. N°2 Alta P	7.0	7.5	15.7	16.2	16.2	15.7	8.0	14.2	12.8	9.3	9.2	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7	14.7
	Comp. N°2 Baixa P	6.7	5.4	4.1	6.0	4.2	3.6	4.9	4.1	5.3	5.2	5.1	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3	4.3
REFRIGERADOR N°4	Temp. Entrada	12.3	18.4	19.1	19.1	19.2	18.8	18.7	19.3	19.2	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5	19.5
	Temp. Saída	12.4	12.3	13.0	13.0	12.5	12.6	12.6	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0	13.0
	Comp. N°1 Alta P	12.0	15.0	14.5	14.6	15.0	16.0	16.0	15.5	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0	15.0
	Comp. N°1 Baixa P	5.0	3.8	3.7	3.7	3.5	3.6	3.7	3.7	3.6	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
	Comp. N°2 Alta P	14.0	14.0	15.0	14.5	14.8	15.0	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9	14.9
	Comp. N°2 Baixa P	3.5	3.4	3.4	3.8	4.0	3.6	3.8	3.8	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
Termoconvector		T. Entra																	
		T. Sai																	

Figura A.1 – Exemplo de registos diários de todos os parâmetros da área técnica entre os dias 6 e 23 de Setembro de 2010

B. CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DAS BOMBAS EXISTENTES NA ZONA TÉCNICA

Através de um levantamento das bombas existentes na área técnica e das suas características técnicas, registou-se todos esses dados na tabela B.1.

Tabela B. 1 – Bombas e respectivas características técnicas existentes na zona técnica da Simoldes Plásticos S.A.

Bombas		Quantidade	Marca	Modelo	Chapa de caraterísticas
Moldes	Naves 2 e 3	4	Grundfos	<u>CR32</u> <u>Motor com</u> <u>variador</u>	Pot.motor: 7.5 kW
	Nave 5	2	Grundfos	CR 64	
			Grundfos	CR 60-50	Pot.motor: 18.5 kW
Máquinas	Naves 2, 3 e 5	2	Grundfos	CR 60-50	Pot.motor: 19 kW
Refrigeradores	-	4	Calpeda		

C. PASSOS PARA SE OBTER OS VALORES DAS POTÊNCIAS POR SETOR

Para se determinar a percentagem de cada setor na energia total consumida, aproveitou-se a ferramenta interna da Simoldes Plásticos, S.A. denominada por MAC (Manutenção Assistida Computorizada).

Seguidamente, pode-se observar as várias etapas do programa MAC para se alcançar os valores de consumos da energia elétrica por setor:

C.1. MENU PRINCIPAL

Ao clicar o botão do logotipo MAC aparecerá no ecrã o menu principal (figura C.1):

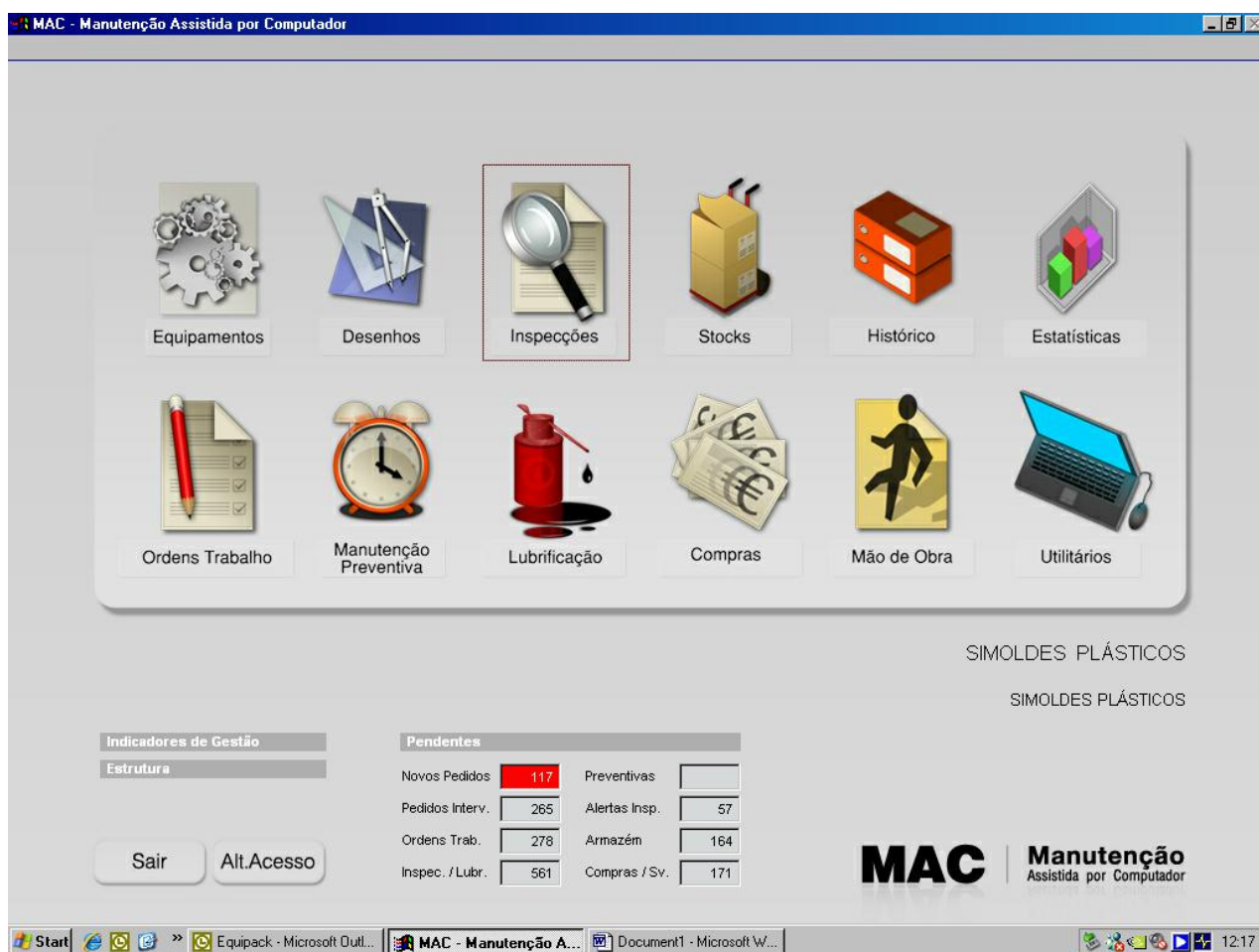


Figura C.1 - Menu principal do programa MAC

Seguidamente, dever-se-á seleccionar a opção “Inspecções”.

C.2. MENU “INSPECÇÕES”

Nesta etapa, ver-se-á o menu “Inspecções”. Aqui, seleccionar-se-á na Barra a opção “estatísticas” e aí optar “Histórico de Inspecções”(figura C.2).

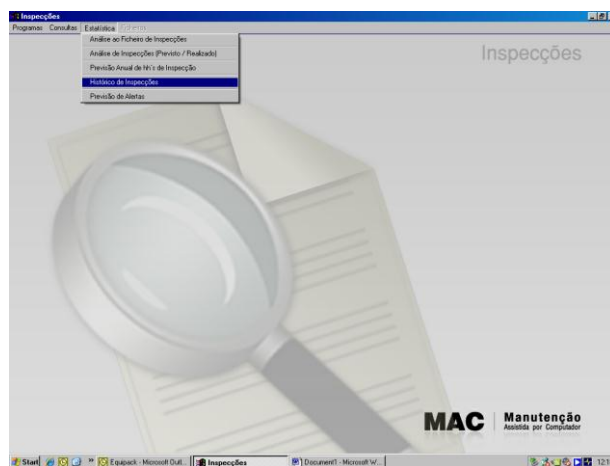
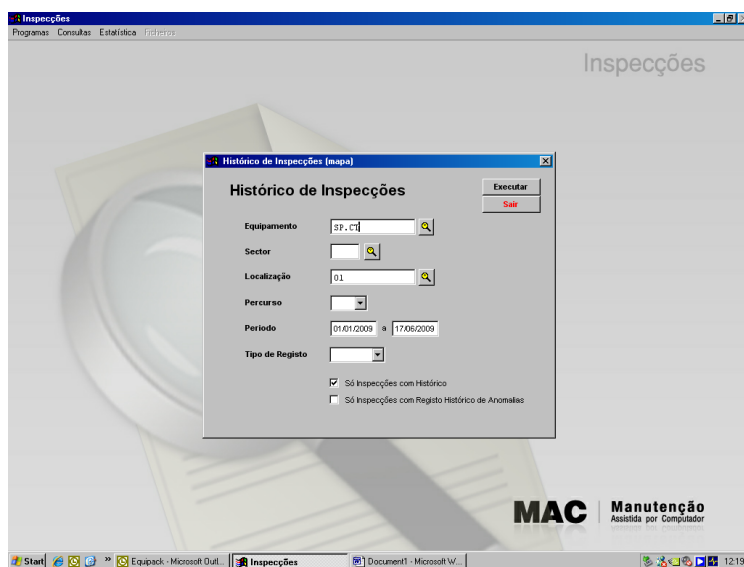


Figura C.2 – Menu das “Inspecções” no MAC

C.3. MENU HISTÓRICO DE INSPECÇÕES

Este menu terá o seguinte aspecto:



Dever-se-á então digitar onde diz Equipamento, neste caso será SP.CT e carregar no “Executar”(figura C.3).

Figura C.3-Menu histórico de inspecções

C.4. HISTÓRICO DE INSPECÇÕES

Como última etapa, obter-se-á o histórico de inspecções por localização na tabela C.1.

Tabela C.1 - Histórico de inspeção por localização

Histórico de Inspeção por Localização						
17/06/09	Percorso:	Sector :				
Orgão a Inspeccionar	Descrição da Inspeção	Trade	Freq.	Ultima Inspec.	Proxima Inspec.	
Equipamento: SP.CT - Contador Energia Central Local:						
Contador Energia Laboratório/Metrologia	Potência consumida	ELE	4 S	05/06/09	03/07/09	
	## 09/01/09 310,236.00 KW					
	## 16/01/09 311,883.00 KW					
	## 13/02/09 318,398.00 KW					
	## 13/03/09 323,009.30 KW					
	## 10/04/09 326,441.90 KW					
	## 08/05/09 331,521.00 KW					
	## 05/06/09 337,087.40 KW					
Contador Energia Edifício Novo	Potência consumida	ELE	4 S	05/06/09	03/07/09	
	## 09/01/09 804,605.00 KW					
	## 16/01/09 809,249.00 KW					
	## 13/02/09 823,946.00 KW					
	## 13/03/09 825,490.10 KW					
	## 10/04/09 847,290.10 KW					
	## 08/05/09 859,654.10 KW					
	## 05/06/09 873,098.50 KW					
Contador Energia Edifício Administrativo	Potência consumida	ELE	4 S	05/06/09	03/07/09	
	## 09/01/09 417,659.00 KW					
	## 16/01/09 424,026.00 KW					
	## 13/02/09 449,307.00 KW					
	## 13/03/09 470,544.20 KW					
	## 10/04/09 491,874.40 KW					
	## 08/05/09 513,343.10 KW					
	## 05/06/09 533,693.20 KW					
Contador Energia Poliaze	Potência consumida	ELE	4 S	05/06/09	03/07/09	
	## 09/01/09 252,784.00 KW					
	## 16/01/09 253,723.00 KW					
	## 13/02/09 257,411.00 KW					
	## 13/03/09 259,501.50 KW					
	## 10/04/09 262,862.90 KW					
	## 08/05/09 267,102.60 KW					
	## 05/06/09 271,160.30 KW					
Contador Água Poliaze	Volume consumido	ELE	4 S	12/06/09	03/07/09	
	## 09/01/09 30,736.00 m³					
	## 16/01/09 30,925.00 m³					
	## 13/02/09 31,654.00 m³					
	## 13/03/09 32,126.00 m³					
	## 10/04/09 32,793.00 m³					
	## 08/05/09 33,663.00 m³					
	## 12/06/09 34,628.00 m³					

D. CARATERÍSTICAS DAS MANTAS TÉRMICAS EM ESTUDO PARA EVENTUAL APLICABILIDADE



REPRESENTANTE DE:



HP SYSTEMS
CILINDROS HIDRÁULICOS
ACESSÓRIOS INDUSTRIAIS

Distribuidor
autorizado de:



CODIPRO
Olhais Levantamento



acim Cjovanin
Resistências Eléctricas



elit
Placas Isolantes

OUTROS PRODUTOS:

- Cilindros 700 bar
- Datadores
- Ferramentas Magnéticas
- Sensores Magnéticos
- Indutivos e Mecânicos
- Oring's
- Racores Rápidos

JARRY, LDA
COMÉRCIO DE COMPONENTES
E ACESSÓRIOS P/ INDUSTRIA MOLDES

Rua Alcorredores - Edifício Onix
Fracção E - 3020-923 Torre de Vilela
Coimbra - Portugal
Tel. 239 918 707 - Fax. 239 911 116
Email: hps@hps-portugal.com

ELITEX 656 F111


- Composition / Composition :	100 % fibre de verre Fiberglass
- Poids / Weight :	640 g/m ² (± 5 %) (DIN EN 12127)
- Epaisseur / Thickness :	0.85 mm (± 5 %) (DIN EN ISO 5084)
- Largeur / Width :	1000 mm (± 1 %) (DIN EN 1773)
- Chaîne / Warp :	6.8 fils/cm (± 3 %) (EN 1049-2)
- Trame / Weft :	5.8 fils/cm (± 3 %) (EN 1049-2)
- Résistance rupture chaîne / Breaking strength warp :	700 N/cm (± 10 %) (EN ISO 13934-1)
- Résistance rupture trame / Breaking strength weft :	600 N/cm (± 10 %) (EN ISO 13934-1)
- Armure / Weave :	Toile (ISO 9354)
- Traitement/Treatment :	Désensimage thermique
- Température maximale d'utilisation en continu sans contrainte mécanique / Maximum continuous temperature without mechanical stress	550 °C (Essai de four)
- Certification :	PMUC (EDF N°09-028)

Contribuinte, n.º 504 039 814 • Capital Social: 25.000€ • Cons. Reg. Comercial de Coimbra 504 039 814

Figura D.1 – Caraterísticas da manta térmica Elitex 656 F111



REPRESENTANTE DE:




HP SYSTEMS
CILINDROS HIDRÁULICOS
ACESSÓRIOS INDUSTRIAIS

Distribuidor autorizado de:



CODIPRO
Olhais Levantamento



acim Jouanin
Resistências Eléctricas



elit
Placas Isolantes

OUTROS PRODUTOS:

- Cilindros 700 bar
- Datadores
- Ferramentas Magnéticas
- Sensores Magnéticos Indutivos e Mecânicos
- Oring's
- Racores Rápidos

JARRY, LDA
COMÉRCIO DE COMPONENTES
E ACESSÓRIOS P/ INDÚSTRIA MOLDES

Rua Alcorredores - Edifício Onix
Fracção E - 3020-923 Torre de Vilela
Coimbra - Portugal
Tel. 239 918 707 - Fax. 239 911 116
Email: hps@hps-portugal.com

ELITEX NV

	927	928	1006
- Référence			
- Composition / Composition :		100 % fibres de verre	
- Masse surfacique / weight per sq.meter :	3300	1650	825 g/m ²
- Epaisseur / Thickness :	25,4	12,7	6,35 mm
- Densité / Density :		120 à 140 kg / m ³	
- Coefficient de conductivité thermique- Coefficient of thermal conductivity		à 100°C : 0.0396 à 200°C : 0.0546 à 300°C : 0.0690 à 400°C : 0.0956 W/m°C	
- Armure / Weave :		Nappes aiguilletées	
- Température maximale d'utilisation en continu sans contrainte mécanique / Maximum operation temperature on a constant basis without mechanical stress :		650°C	
- Perte au feu / Ignition loss :		≤ 2,5 %	
- Classement au feu / Classification of fire resistance :		A1 (NF EN 13501-1)	
- Dimensions / Size :		Rouleaux de largeur 1500 mm	

Contribuinte, n.º 504 039 814 • Capital Social: 25.000€ • Cons. Reg. Comercial de Coimbra 504 039 814

Figura D.2 – Caraterísticas da manta térmica Elitex NV

E. CARATERÍSTICAS TÉCNICAS DO ANALISADOR DE REDE UTILIZADO NAS MEDIÇÕES

Com o objectivo de se calcular o ganho energético e económico com a eventual colocação de mantas térmicas nos fusos das máquinas de injeção, utilizou-se um analisador de rede cujas caraterísticas podem ser observadas na figura E.1.

<p>TECHNICAL SPECIFICATIONS</p> <p>Supply voltage: Through an external power supplier set 100 V a.c. – 240 V a.c. Battery: 5VHAA 1200 (Ni-MH) Frequency : 50...60 Hz Burden : 15 VA Operation temperature : 0 / 40 °C Altitude: ≤ 2000 Maximum relative humidity 85 % (no condensation) Measuring circuit : Three (3 or 4 wires), ARON, single-phase and bi-phase</p> <p>Safety : Category III - 600 V, as per EN 61010 Pollution degree 2 Indoor use</p> <p>Voltage measurement: Measuring range : 20 to 500 V a.c. (phase-neutral) CAT III automatic scale adjustment Other voltages : through suitable voltage transformers Frequency : 45 to 65 Hz</p> <p>Current measurement: Measuring range: see available current clamps Current transducer ratio : user-programmable Measurement units : automatic scale adjustment</p> <p>Built-in clock with rechargeable battery: Date and time</p> <p>Display : LCD; 160 x 160 pixels (Back-light)</p> <p>RS-232 output : serial type output Internal memory : 1 Mb</p> <p>Accuracy class: Voltage 0.5 % of readout ± 2 digits Current 0.5 % of readout ± 2 digits Active power 1.0 % of readout ± 2 digits Reactive power 1.0 % of readout ± 2 digits</p> <p>Measuring conditions to assure accuracy class: - Errors due to voltage and current transformer not included - Temperature range : 5 °C to 45 °C - Power factor : 0.5 to 1 - Measuring range : between 5 % and 100 %</p>	<p>CIRCUTOR Supply Network Analyzer AR5 / AR5-L</p> <p>MECHANICAL CHARACTERISTICS Case : Portable case. Dimensions : 220 x 60 x 130 mm Connection terminals : input/output terminals Keyboard/ display : in frontal panel Weight: 0,8 kg.</p> <p>POWER SUPPLIER SET 80 V a.c. – 265 V a.c. / 12 V d.c. CAT III: 85 – 225 V a.c. CAT II: 225 – 265 V a.c.</p> <p>RELEVANT STANDARDS EN 60664, EN 61010, EN 61036, VDE 110, UL 94</p> <p>EM EMISSION - EN 61000-3-2 (1995), Harmonics. - EN 61000-3-3 (1995), Voltage variations. - EN 50081-2 (1993), Industrial emission. - EN 65011 (1994): Conducted (EN 55022 - Class B). - EN 55011 (1994): Radiated (EN 55022 - Class A).</p> <p>EM IMMUNITY - EN 50082-2 (1995), Industrial immunity. - EN 61000-4-2 (1995), ESD. - ENV 50140 (1993), EM Radiated field of RF. - EN 61000-4-4 (1995), EFT burst. - ENV 50141 (1993), RF common mode. - EN 61000-4-8 (1995), 60 Hz H-field. - EN 50082-1 (1997), Residential immunity. - EN 61000-4-5 (1995), Surges. - EN 61000-4-11 (1994), Dips, Interruptions.</p> <p>(as shown in the test report reference number: 08077IEM.002)</p> <p>CASE SYMBOLS: ⚠ : Warning. Maximum allowable input voltage: 500 V ◻ : Reinforced isolation</p>
---	---

Figura E.1 – Caraterísticas técnicas do analisador de rede utilizado nas medições

F. VALORES DE ENERGIA ELÉTRICA CONSUMIDA NAS MÁQUINAS DE INJEÇÃO PARA O ESTUDO DA VIABILIDADE DO INVESTIMENTO DE MANTAS TÉRMICAS

Para se obter dados concretos relativamente a um eventual investimento na colocação de mantas térmicas nas máquinas de injeção, procedeu-se à medição da energia com e sem isolamento para posteriormente permitir fazer comparação. Deste modo, em seguida poder-se-á observar os resultados das medições nas máquinas EN 1100 II e KM 1000 III (tabela F.1).

Tabela F.1 - Medições de energia elétrica na máquina EN 1100 II com molde 6552 em kW.h sem qualquer isolamento térmico durante uma hora

Date	Time	Voltage: Triphasic ~ (V)	Maximum voltage: Triphasic ~ (V)	Minimum voltage: Triphasic ~ (V)	Current: Triphasic ~ (A)	Maximum current: Triphasic ~ (A)	Power: Triphasic + (kW)	Power L: Triphasic + (kvar)	Maximum aparent power: Triphasic maximum (kVA)	Power factor: Triphasic +	Energy: Energy III + (kWh)
10-09-2010	13:51:11	231	232	230	12	50	8	0	33	1	0
10-09-2010	13:51:59	232	232	232	31	31	21	0	21	1	0
10-09-2010	13:52:00	231	232	229	8	47	5	0	30	1	0
10-09-2010	13:53:00	231	232	230	8	61	5	0	41	1	1
10-09-2010	13:54:00	231	232	229	11	59	7	0	39	1	1
10-09-2010	13:55:00	231	232	230	12	61	8	0	41	1	1
10-09-2010	13:56:00	231	232	230	11	62	8	0	42	1	1
10-09-2010	13:57:00	231	232	231	12	60	8	0	39	1	1
10-09-2010	13:58:00	231	232	230	13	63	9	0	41	1	2
10-09-2010	13:59:00	231	232	230	13	59	9	0	39	1	2
10-09-2010	14:00:00	230	231	230	13	51	8	0	33	1	2
10-09-2010	14:01:00	230	231	229	11	64	7	0	44	1	2
10-09-2010	14:02:00	230	231	229	13	54	9	0	36	1	3
10-09-2010	14:03:00	230	231	228	11	49	7	0	32	1	3
10-09-2010	14:04:00	230	231	229	12	50	8	0	34	1	3
10-09-2010	14:05:00	230	231	229	14	49	9	0	30	1	3
10-09-2010	14:06:00	230	231	229	15	59	10	0	39	1	4
10-09-2010	14:07:00	230	231	229	18	65	12	0	44	1	4
10-09-2010	14:08:00	230	232	229	12	48	8	0	28	1	4
10-09-2010	14:09:00	230	231	230	15	56	10	0	38	1	4
10-09-2010	14:10:00	230	231	229	19	59	12	0	36	1	5
10-09-2010	14:11:00	230	231	229	15	68	10	0	46	1	5
10-09-2010	14:12:00	230	231	229	15	61	10	0	41	1	5
10-09-2010	14:13:00	230	231	229	14	56	9	0	38	1	5
10-09-2010	14:14:00	230	231	229	18	61	12	0	41	1	6
10-09-2010	14:15:00	230	231	229	15	61	10	0	41	1	6
10-09-2010	14:16:00	229	230	229	14	55	8	0	34	1	6
10-09-2010	14:17:00	229	231	227	14	57	8	0	38	1	6
10-09-2010	14:18:00	229	230	228	15	57	9	0	37	1	7
10-09-2010	14:19:00	229	229	228	20	59	13	0	39	1	7
10-09-2010	14:20:00	229	229	228	15	60	10	0	36	1	7
10-09-2010	14:21:00	229	230	228	18	65	12	0	41	1	7
10-09-2010	14:22:00	229	230	228	17	59	11	0	38	1	8
10-09-2010	14:23:00	228	229	227	15	56	9	0	38	1	8
10-09-2010	14:24:00	228	229	226	13	59	8	0	39	1	8
10-09-2010	14:25:00	228	229	227	18	60	12	0	40	1	8
10-09-2010	14:26:00	228	229	227	16	53	10	0	35	1	9
10-09-2010	14:27:00	228	229	227	15	52	10	0	33	1	9
10-09-2010	14:28:00	228	229	226	14	61	8	0	40	1	9
10-09-2010	14:29:00	228	229	227	14	54	9	0	35	1	9
10-09-2010	14:30:00	229	230	226	15	48	10	0	30	1	10
10-09-2010	14:31:00	229	231	228	15	61	10	0	41	1	10
10-09-2010	14:32:00	229	231	228	16	57	10	0	36	1	10
10-09-2010	14:33:00	229	230	228	15	61	10	0	39	1	10
10-09-2010	14:34:00	229	230	228	14	55	9	0	34	1	11
10-09-2010	14:35:00	229	230	228	16	60	10	0	39	1	11
10-09-2010	14:36:00	229	230	227	15	62	10	0	41	1	11
10-09-2010	14:37:00	229	230	227	13	61	8	0	36	1	11
10-09-2010	14:38:00	229	230	228	14	61	9	0	39	1	12
10-09-2010	14:39:00	229	231	229	14	58	8	0	37	1	12
10-09-2010	14:40:00	229	230	228	14	49	9	0	29	1	12
10-09-2010	14:41:00	229	230	229	14	60	9	0	39	1	12
10-09-2010	14:42:00	230	230	229	14	70	9	0	45	1	13
10-09-2010	14:43:00	229	230	228	14	52	9	0	33	1	13
10-09-2010	14:44:00	230	231	229	12	51	8	0	35	1	13
10-09-2010	14:45:00	230	231	229	14	57	8	0	36	1	13
10-09-2010	14:46:00	230	230	229	13	69	9	0	47	1	13
10-09-2010	14:47:00	229	230	229	14	49	8	0	29	1	14
10-09-2010	14:48:00	229	230	228	14	54	8	0	36	1	14
10-09-2010	14:49:00	229	230	228	14	58	9	0	35	1	14
10-09-2010	14:50:00	229	231	228	13	74	8	0	48	1	14
10-09-2010	14:51:00	229	230	228	13	55	9	0	36	1	15
10-09-2010	14:52:00	229	230	228	12	60	8	0	39	1	15

Energia eléctrica consumida = Valor ao fim de uma hora-valor início = 15-0=15 kW.h

Tabela F.2- Medições de energia elétrica na máquina EN 1100 II com molde 6552 em kW.h com manta térmica durante uma hora

Date	Time	Voltage: Triphasic ~ (V)	Current: Triphasic ~ (A)	Maximum current: Triphasic ~ (A)	Power: Triphasic (W)	Power L: Triphasic + (var)	Energy: Energy III + (kWh)	Energy: Energy L III + (kvarh)	Power factor: Triphasic +
29-10-2010	08:26:00	228	16,916	44,676	11629	372	0,247	0,009	1
29-10-2010	08:27:00	229	14,309	48,821	9850	317	0,411	0,015	1
29-10-2010	08:28:00	229	14,544	63,624	10018	336	0,579	0,021	1
29-10-2010	08:29:00	232	16,655	57,525	11649	391	0,773	0,028	1
29-10-2010	08:30:00	232	15,482	45,979	10824	354	0,954	0,034	1
29-10-2010	08:31:00	232	16,212	51,114	11348	372	1,143	0,041	1
29-10-2010	08:32:00	232	15,952	51,324	11143	372	1,331	0,048	1
29-10-2010	08:33:00	232	16,186	47,335	11329	372	1,519	0,055	1
29-10-2010	08:34:00	233	14,179	48,793	9944	336	1,685	0,061	1
29-10-2010	08:35:00	234	15,587	43,686	10992	354	1,869	0,067	1
29-10-2010	08:36:00	234	16,421	50,359	11574	372	2,061	0,074	1
29-10-2010	08:37:00	234	17,281	52,287	12192	391	2,264	0,081	1
29-10-2010	08:38:00	234	15,691	48,844	11049	372	2,449	0,088	1
29-10-2010	08:39:00	234	15,378	46,475	10843	335	2,629	0,094	1
29-10-2010	08:40:00	234	17,125	48,611	12097	391	2,83	0,101	1
29-10-2010	08:41:00	234	14,674	49,785	10374	335	3,004	0,107	1
29-10-2010	08:42:00	234	17,203	58,7	12173	391	3,207	0,114	1
29-10-2010	08:43:00	234	17,776	49,419	12546	429	3,416	0,122	1
29-10-2010	08:44:00	235	16,264	54,189	11516	372	3,609	0,129	1
29-10-2010	08:45:00	235	16,082	50,281	11386	372	3,799	0,136	1
29-10-2010	08:46:00	236	15,743	55,935	11179	372	3,985	0,142	1
29-10-2010	08:47:00	235	14,961	48,95	10599	335	4,162	0,148	1
29-10-2010	08:48:00	235	15,925	45,742	11274	353	4,35	0,155	1
29-10-2010	08:49:00	235	16,864	49,264	11948	391	4,549	0,162	1
29-10-2010	08:50:00	235	15,43	49,029	10899	354	4,731	0,168	1
29-10-2010	08:51:00	234	16,369	60,6	11574	372	4,923	0,175	1
29-10-2010	08:52:00	234	16,004	46,994	11274	372	5,112	0,182	1
29-10-2010	08:53:00	234	17,62	52,389	12453	410	5,32	0,189	1
29-10-2010	08:54:00	234	15,952	50,748	11255	372	5,508	0,196	1
29-10-2010	08:55:00	234	16,212	68,705	11443	391	5,7	0,203	1
29-10-2010	08:56:00	234	17,046	52,26	12023	410	5,901	0,21	1
29-10-2010	08:57:00	234	17,02	53,901	12004	391	6,101	0,217	1
29-10-2010	08:58:00	234	17,046	50,852	12023	372	6,302	0,224	1
29-10-2010	08:59:00	234	15,691	53,356	11048	372	6,486	0,231	1
29-10-2010	09:00:00	235	15,17	50,957	10768	335	6,666	0,237	1
29-10-2010	09:01:00	236	16,76	59,948	11910	372	6,864	0,244	1
29-10-2010	09:02:00	234	16,238	54,347	11479	372	7,055	0,251	1
29-10-2010	09:03:00	234	16,004	51,297	11274	372	7,243	0,257	1
29-10-2010	09:04:00	234	16,994	48,897	11986	391	7,443	0,264	1
29-10-2010	09:05:00	234	16,291	47,098	11480	372	7,634	0,271	1
29-10-2010	09:06:00	234	15,404	45,796	10861	354	7,816	0,278	1
29-10-2010	09:07:00	235	16,499	48,507	11649	372	8,01	0,285	1
29-10-2010	09:08:00	235	16,264	64,382	11498	372	8,202	0,291	1
29-10-2010	09:09:00	234	14,388	45,249	10168	317	8,371	0,297	1
29-10-2010	09:10:00	235	16,707	54,006	11817	372	8,568	0,304	1
29-10-2010	09:11:00	235	18,584	62,867	13146	429	8,788	0,312	1
29-10-2010	09:12:00	235	15,9	55,494	11255	372	8,976	0,318	1
29-10-2010	09:13:00	235	15,821	46,656	11198	372	9,163	0,325	1
29-10-2010	09:14:00	235	16,551	52,624	11685	372	9,358	0,332	1
29-10-2010	09:15:00	235	16,603	52,73	11761	372	9,555	0,339	1
29-10-2010	09:16:00	234	16,03	49,082	11329	372	9,744	0,345	1
29-10-2010	09:17:00	235	15,926	45,405	11255	372	9,932	0,352	1
29-10-2010	09:18:00	234	15,821	44,858	11161	354	10,118	0,359	1
29-10-2010	09:19:00	235	15,978	46,499	11330	372	10,308	0,365	1
29-10-2010	09:20:00	235	16,421	55,13	11629	372	10,502	0,372	1
29-10-2010	09:21:00	235	17,099	66,96	12098	391	10,703	0,379	1
29-10-2010	09:22:00	235	16,369	63,181	11554	372	10,896	0,386	1
29-10-2010	09:23:00	234	15,795	55,883	11143	372	11,082	0,392	1
29-10-2010	09:24:00	234	14,362	47,594	10112	317	11,251	0,398	1
29-10-2010	09:25:00	235	15,952	50,828	11292	372	11,439	0,405	1
29-10-2010	09:26:00	234	16,785	52,157	11855	372	11,637	0,412	1

Energia consumida = Valor ao fim de uma hora-valor início= 11,637-0,247 = **11,39 kW.h**

Tabela F.3 - Medições de energia elétrica na máquina EN 1100 II com molde 6709 em kW.h sem qualquer isolamento térmico durante uma hora

Date	Time	Voltage: Triphasic ~ (V)	Current: Triphasic ~ (A)	Maximum current: Triphasic ~ (A)	Power: Triphasic + (kW)	Power L: Triphasic + (kvar)	Energy: Energy III + (kWh)	Energy: Energy L III + (kvarh)	Power factor: Triphasic +
13-09-2010	15:22:17	233	11	57	7	0	0	0	1
13-09-2010	15:23:00	233	9	54	6	0	0	0	1
13-09-2010	15:24:00	233	10	42	7	0	1	0	1
13-09-2010	15:25:00	232	5	47	3	0	1	0	1
13-09-2010	15:26:00	232	9	47	6	0	1	0	1
13-09-2010	15:27:00	233	10	50	6	0	1	0	1
13-09-2010	15:28:00	233	8	44	5	0	1	0	1
13-09-2010	15:29:00	233	9	50	5	0	1	0	1
13-09-2010	15:30:00	233	10	60	7	0	2	0	1
13-09-2010	15:31:00	232	9	55	6	0	2	0	1
13-09-2010	15:32:00	232	8	48	5	0	2	0	1
13-09-2010	15:33:00	232	10	44	7	0	2	0	1
13-09-2010	15:34:00	232	9	45	6	0	2	0	1
13-09-2010	15:35:00	232	10	53	7	0	3	0	1
13-09-2010	15:36:00	232	10	52	7	0	3	0	1
13-09-2010	15:37:00	232	10	51	7	0	3	0	1
13-09-2010	15:38:00	232	8	45	5	0	3	0	1
13-09-2010	15:39:00	232	10	50	7	0	3	0	1
13-09-2010	15:40:00	232	9	55	6	0	3	0	1
13-09-2010	15:41:00	231	8	53	5	0	4	0	1
13-09-2010	15:42:00	231	8	46	5	0	4	0	1
13-09-2010	15:43:00	232	10	50	7	0	4	0	1
13-09-2010	15:44:00	232	9	58	5	0	4	0	1
13-09-2010	15:45:00	232	11	60	7	0	4	0	1
13-09-2010	15:46:00	232	8	46	5	0	4	0	1
13-09-2010	15:47:00	232	9	49	5	0	5	0	1
13-09-2010	15:48:00	232	5	44	3	0	5	0	1
13-09-2010	15:49:00	233	9	65	6	0	5	0	1
13-09-2010	15:50:00	232	9	46	6	0	5	0	1
13-09-2010	15:51:00	232	8	42	5	0	5	0	1
13-09-2010	15:52:00	232	8	45	5	0	5	0	1
13-09-2010	15:53:00	232	10	58	6	0	6	0	1
13-09-2010	15:54:00	232	10	51	7	0	6	0	1
13-09-2010	15:55:00	232	10	50	6	0	6	0	1
13-09-2010	15:56:00	232	9	45	6	0	6	0	1
13-09-2010	15:57:00	232	5	55	3	0	6	0	1
13-09-2010	15:58:00	233	9	65	5	0	6	0	1
13-09-2010	15:59:00	232	9	49	5	0	7	0	1
13-09-2010	16:00:00	233	5	46	3	0	7	0	1
13-09-2010	16:01:00	233	5	46	3	0	7	0	1
13-09-2010	16:02:00	233	10	52	7	0	7	0	1
13-09-2010	16:03:00	233	8	49	5	0	7	0	1
13-09-2010	16:04:00	232	10	47	7	0	7	0	1
13-09-2010	16:05:00	233	9	43	6	0	8	0	1
13-09-2010	16:06:00	233	7	55	4	0	8	0	1
13-09-2010	16:07:00	233	9	59	5	0	8	0	1
13-09-2010	16:08:00	233	9	49	6	0	8	0	1
13-09-2010	16:09:00	232	9	48	6	0	8	0	1
13-09-2010	16:10:00	233	4	47	3	0	8	0	1
13-09-2010	16:11:00	233	8	66	5	0	9	0	1
13-09-2010	16:12:00	233	9	58	6	0	9	0	1
13-09-2010	16:13:00	231	10	52	7	0	9	0	1
13-09-2010	16:14:00	229	9	44	5	0	9	0	1
13-09-2010	16:15:00	229	8	50	5	0	9	0	1
13-09-2010	16:16:00	230	4	48	2	0	9	0	1
13-09-2010	16:17:00	230	9	40	5	0	10	0	1
13-09-2010	16:18:00	230	5	49	3	0	10	0	1
13-09-2010	16:19:00	230	9	53	5	0	10	0	1
13-09-2010	16:20:00	230	8	46	5	0	10	0	1
13-09-2010	16:21:00	230	9	40	5	0	10	0	1
13-09-2010	16:22:00	230	10	43	6	0	10	0	1
13-09-2010	16:23:00	230	9	62	6	0	11	0	1

Energia elétrica consumida = Valor ao fim de uma hora-valor início =11-0=11,0 kW.h

Tabela F.4 - Medições de energia elétrica na máquina EN 1100 II com molde 6709 em kW.h com manta térmica durante uma hora

Date	Time	Voltage: Triphasic ~ (V)	Current: Triphasic ~ (A)	Maximum current: Triphasic ~ (A)	Power: Triphasic + (W)	Power L: Triphasic + (var)	Energy: Energy III + (kWh)	Energy: Energy L III + (kvarh)	Power factor: Triphasic +
27-10-2010	10:23:00	237	10,686	41,184	7528	317	0,22	0,01	0,99
27-10-2010	10:24:00	236	10,686	42,07	7566	298	0,346	0,016	0,99
27-10-2010	10:25:00	236	10,687	45,198	7547	317	0,473	0,022	0,99
27-10-2010	10:26:00	236	11,494	43,241	8128	336	0,609	0,028	0,99
27-10-2010	10:27:00	236	10,061	36,596	7079	279	0,728	0,033	0,99
27-10-2010	10:28:00	236	9,983	44,677	7022	298	0,845	0,039	0,99
27-10-2010	10:29:00	235	10,556	47,128	7434	298	0,968	0,044	0,99
27-10-2010	10:30:00	235	11,546	40,766	8109	336	1,103	0,051	0,99
27-10-2010	10:31:00	234	12,485	37,821	8783	354	1,25	0,057	0,99
27-10-2010	10:32:00	235	12,198	51,817	8595	354	1,394	0,064	0,99
27-10-2010	10:33:00	235	12,459	48,769	8765	354	1,54	0,07	0,99
27-10-2010	10:34:00	235	10,634	40,01	7472	317	1,664	0,076	0,99
27-10-2010	10:35:00	235	10,139	39,072	7079	298	1,783	0,081	0,99
27-10-2010	10:36:00	235	8,653	35,24	6067	260	1,885	0,086	0,99
27-10-2010	10:37:00	235	9,409	42,671	6610	260	1,995	0,091	0,99
27-10-2010	10:38:00	235	13,606	53,2	9551	392	2,155	0,098	0,99
27-10-2010	10:39:00	235	13,215	51,297	9325	392	2,31	0,105	0,99
27-10-2010	10:40:00	235	10,478	45,928	7359	317	2,433	0,111	0,99
27-10-2010	10:41:00	235	9,123	40,297	6404	260	2,54	0,115	0,99
27-10-2010	10:42:00	235	10,79	45,302	7604	298	2,667	0,121	0,99
27-10-2010	10:43:00	235	12,876	41,575	9064	373	2,818	0,128	0,99
27-10-2010	10:44:00	234	12,433	42,043	8727	355	2,964	0,134	0,99
27-10-2010	10:45:00	234	10,635	39,933	7435	298	3,087	0,14	0,99
27-10-2010	10:46:00	234	10,373	44,546	7266	279	3,21	0,145	0,99
27-10-2010	10:47:00	233	10,504	42,618	7341	317	3,332	0,151	0,99
27-10-2010	10:48:00	234	10,087	40,582	7060	279	3,45	0,156	0,99
27-10-2010	10:49:00	234	9,201	34,693	6423	260	3,557	0,161	0,99
27-10-2010	10:50:00	234	11,26	42,903	7846	336	3,688	0,167	0,99
27-10-2010	10:51:00	233	13,267	51,166	9289	355	3,844	0,174	0,99
27-10-2010	10:52:00	234	11,938	40,845	8390	336	3,983	0,18	0,99
27-10-2010	10:53:00	233	11,234	50,981	7846	298	4,114	0,186	0,99
27-10-2010	10:54:00	233	9,175	32,973	6386	260	4,221	0,191	0,99
27-10-2010	10:55:00	233	11,104	45,068	7753	317	4,351	0,197	0,99
27-10-2010	10:56:00	233	11,572	47,701	8053	336	4,486	0,203	0,99
27-10-2010	10:57:00	234	11,181	40,923	7846	336	4,618	0,209	0,99
27-10-2010	10:58:00	234	11,025	40,714	7715	317	4,746	0,214	0,99
27-10-2010	10:59:00	234	10,686	47,309	7453	317	4,872	0,22	0,99
27-10-2010	11:00:00	234	11,103	41,496	7790	317	5,002	0,226	0,99
27-10-2010	11:01:00	234	12,849	43,711	9008	355	5,152	0,232	0,99
27-10-2010	11:02:00	234	10,113	37,455	7079	298	5,271	0,238	0,99
27-10-2010	11:03:00	234	9,592	41,34	6703	260	5,383	0,243	0,99
27-10-2010	11:04:00	233	12,276	54,737	8577	336	5,526	0,249	0,99
27-10-2010	11:05:00	234	11,963	49,236	8370	336	5,666	0,255	0,99
27-10-2010	11:06:00	234	9,357	44,806	6554	241	5,775	0,26	0,99
27-10-2010	11:07:00	234	11,937	49,705	8352	336	5,914	0,266	0,99
27-10-2010	11:08:00	234	11,911	48,3	8352	298	6,054	0,272	0,99
27-10-2010	11:09:00	234	10,322	49,211	7192	279	6,175	0,277	0,99
27-10-2010	11:10:00	233	11,364	37,665	7978	317	6,308	0,283	0,99
27-10-2010	11:11:00	234	10,921	47,516	7678	317	6,436	0,289	0,99
27-10-2010	11:12:00	234	11,416	49,995	7979	298	6,57	0,294	0,99
27-10-2010	11:13:00	233	11,886	55,26	8315	317	6,709	0,3	0,99
27-10-2010	11:14:00	233	10,713	39,516	7472	298	6,834	0,306	0,99
27-10-2010	11:15:00	233	10,869	43,476	7603	317	6,961	0,311	0,99
27-10-2010	11:16:00	234	12,589	46,71	8801	373	7,108	0,318	0,99
27-10-2010	11:17:00	234	11,99	48,247	8446	336	7,248	0,324	0,99
27-10-2010	11:18:00	235	10,869	44,128	7660	298	7,377	0,33	0,99
27-10-2010	11:19:00	235	11,703	39,933	8259	317	7,515	0,335	0,99
27-10-2010	11:20:00	235	11,155	47,647	7864	317	7,646	0,341	0,99
27-10-2010	11:21:00	235	9,565	52,393	6722	260	7,759	0,346	0,99
27-10-2010	11:22:00	235	9,852	54,661	6910	260	7,875	0,351	0,99
27-10-2010	11:23:00	235	12,719	42,799	8952	373	8,024	0,358	0,99

Energia eléctrica consumida=Valor ao fim de uma hora-valor início=8,024-0,22=7,8 kW.h

Tabela F.5 -Medições de energia elétrica na máquina KM 1000 III com o molde 5306 em kW.h, sem qualquer isolamento térmico durante uma hora

Date	Time	Voltage: Triphasic ~ (V)	Current: Triphasic ~ (A)	Maximum current: Triphasic ~ (A)	Power: Triphasic + (kW)	Power L: Triphasic + (kvar)	Energy: Energy III + (kWh)	Energy: Energy L III + (kvarh)	Power factor: Triphasic +
17-09-2010	17:19:20	231	7	61	4	0	0	0	0,95
17-09-2010	17:19:59	230	25	25	16	0	0	0	0,97
17-09-2010	17:20:00	231	13	45	7	0	0	0	0,99
17-09-2010	17:21:00	231	0	18	0	0	0	0	0
17-09-2010	17:22:00	231	0	35	0	0	0	0	0
17-09-2010	17:23:00	231	14	37	8	0	1	0	0,99
17-09-2010	17:24:00	231	20	54	12	0	1	0	0,99
17-09-2010	17:25:00	231	20	57	12	0	1	0	0,99
17-09-2010	17:26:00	231	22	61	15	0	1	0	0,99
17-09-2010	17:27:00	231	21	57	12	0	2	0	1
17-09-2010	17:28:00	231	17	51	9	0	2	0	0,99
17-09-2010	17:29:00	231	13	43	7	0	2	0	1
17-09-2010	17:30:00	232	7	43	4	0	2	0	1
17-09-2010	17:31:00	233	14	45	9	0	2	0	0,99
17-09-2010	17:32:00	233	15	48	9	0	3	0	1
17-09-2010	17:33:00	233	13	44	7	0	3	0	0,99
17-09-2010	17:34:00	233	14	41	8	0	3	0	1
17-09-2010	17:35:00	233	14	53	9	0	3	0	0,99
17-09-2010	17:36:00	233	17	53	11	0	3	0	0,99
17-09-2010	17:37:00	233	21	58	13	0	4	0	1
17-09-2010	17:38:00	233	21	56	13	0	4	0	0,99
17-09-2010	17:39:00	232	17	52	12	0	4	0	0,99
17-09-2010	17:40:00	232	15	48	9	0	4	0	0,99
17-09-2010	17:41:00	229	0	34	0	0	5	0	0
17-09-2010	17:42:00	228	0	36	0	0	5	0	0
17-09-2010	17:43:00	228	11	40	7	0	5	0	0,99
17-09-2010	17:44:00	228	18	50	12	0	5	0	1
17-09-2010	17:45:00	228	23	58	15	0	5	0	1
17-09-2010	17:46:00	229	22	55	15	0	6	0	1
17-09-2010	17:47:00	229	20	60	12	0	6	0	1
17-09-2010	17:48:00	228	17	47	11	0	6	0	1
17-09-2010	17:49:00	228	3	35	2	0	6	0	1
17-09-2010	17:50:00	228	10	33	6	0	6	0	0,99
17-09-2010	17:51:00	228	14	44	9	0	7	0	0,99
17-09-2010	17:52:00	229	20	57	12	0	7	0	1
17-09-2010	17:53:00	228	19	53	12	0	7	0	0,99
17-09-2010	17:54:00	228	18	52	12	0	7	0	1
17-09-2010	17:55:00	228	17	60	9	0	8	0	0,99
17-09-2010	17:56:00	229	14	42	9	0	8	0	0,99
17-09-2010	17:57:00	229	3	44	2	0	8	0	0,99
17-09-2010	17:58:00	229	11	36	6	0	8	0	0,99
17-09-2010	17:59:00	229	16	48	9	0	8	0	0,99
17-09-2010	18:00:00	229	20	51	12	0	9	0	1
17-09-2010	18:01:00	230	25	63	15	0	9	0	0,99
17-09-2010	18:02:00	230	24	58	15	0	9	0	0,99
17-09-2010	18:03:00	230	17	50	10	0	9	0	1
17-09-2010	18:04:00	230	11	50	6	0	10	0	0,99
17-09-2010	18:05:00	229	0	34	0	0	10	0	0
17-09-2010	18:06:00	229	3	44	2	0	10	0	0,99
17-09-2010	18:07:00	229	15	47	9	0	10	0	0,99
17-09-2010	18:08:00	229	20	51	12	0	10	0	1
17-09-2010	18:09:00	229	21	55	12	0	11	0	0,99
17-09-2010	18:10:00	229	19	56	12	0	11	0	1
17-09-2010	18:11:00	229	19	55	12	0	11	0	0,99
17-09-2010	18:12:00	229	16	45	9	0	11	0	0,99
17-09-2010	18:13:00	229	15	48	9	0	11	0	1
17-09-2010	18:14:00	230	15	47	9	0	12	0	1
17-09-2010	18:15:00	230	16	47	9	0	12	0	0,99
17-09-2010	18:16:00	229	16	50	9	0	12	0	0,99
17-09-2010	18:17:00	229	16	48	9	0	12	0	0,99
17-09-2010	18:18:00	229	17	63	11	0	13	0	1
17-09-2010	18:19:00	229	10	38	6	0	13	0	0,99

Energia elétrica consumida = Valor ao fim de uma hora-valor início 13-0= **13,0 kW.h**

Tabela F.6- Medições de energia elétrica na máquina KM 1000 III com o molde 5306 em kW.h, com manta térmica durante uma hora

Date	Time	Voltage: Triphasic ~ (V)	Current: Triphasic ~ (A)	Maximum current: Triphasic ~ (A)	Power: Triphasic + (W)	Power L: Triphasic + (var)	Energy: Energy III + (kWh)	Energy: Energy L III + (kvarh)	Power factor: Triphasic +
27-10-2010	08:30:23	226	10,034	36,124	6573	335	0,067	0,004	0,96
27-10-2010	08:30:59	226	6,49	6,49	4008	335	0,068	0,004	0,91
27-10-2010	08:31:00	226	13,266	43,63	8727	429	0,213	0,012	0,97
27-10-2010	08:32:00	226	12,901	44,335	8464	391	0,355	0,019	0,96
27-10-2010	08:33:00	226	5,681	27,132	3615	187	0,416	0,023	0,94
27-10-2010	08:34:00	227	7,506	23,509	4794	261	0,497	0,028	0,94
27-10-2010	08:35:00	227	9,382	30,598	6143	317	0,599	0,034	0,96
27-10-2010	08:36:00	227	12,302	32,71	8033	392	0,733	0,041	0,95
27-10-2010	08:37:00	227	19,365	47,227	12828	561	0,947	0,051	0,97
27-10-2010	08:38:00	227	21,555	54,734	14308	616	1,185	0,062	0,97
27-10-2010	08:39:00	227	17,593	46,654	11668	523	1,38	0,071	0,97
27-10-2010	08:40:00	227	14,699	35,264	9644	449	1,54	0,079	0,96
27-10-2010	08:41:00	227	10,712	27,523	6947	336	1,656	0,085	0,95
27-10-2010	08:42:00	227	8,783	26,22	5692	299	1,751	0,091	0,95
27-10-2010	08:43:00	227	11,572	32,058	7528	374	1,877	0,097	0,95
27-10-2010	08:44:00	227	11,259	30,859	7322	374	1,999	0,104	0,95
27-10-2010	08:45:00	226	12,536	39,408	8202	392	2,136	0,111	0,96
27-10-2010	08:46:00	227	13,683	38,965	9008	411	2,286	0,119	0,96
27-10-2010	08:47:00	227	19,156	56,116	12753	579	2,498	0,129	0,97
27-10-2010	08:48:00	227	20,512	48,01	13690	579	2,726	0,139	0,97
27-10-2010	08:49:00	228	16,055	43,657	10580	467	2,902	0,148	0,96
27-10-2010	08:50:00	230	14,205	41,284	9531	449	3,061	0,156	0,97
27-10-2010	08:51:00	232	10,868	29,999	7191	355	3,181	0,162	0,95
27-10-2010	08:52:00	232	8,861	27,549	5862	299	3,279	0,168	0,95
27-10-2010	08:53:00	232	10,373	29,609	6872	355	3,394	0,174	0,95
27-10-2010	08:54:00	233	13,631	38,392	9214	430	3,548	0,182	0,96
27-10-2010	08:55:00	232	16,133	49,677	10843	486	3,729	0,191	0,96
27-10-2010	08:56:00	232	18,036	54,5	12248	542	3,933	0,201	0,97
27-10-2010	08:57:00	232	19,156	43,787	12996	561	4,15	0,211	0,97
27-10-2010	08:58:00	232	16,602	46,862	11217	505	4,337	0,22	0,97
27-10-2010	08:59:00	232	14,282	33,778	9569	449	4,496	0,228	0,96
27-10-2010	09:00:00	233	10,06	31,277	6685	355	4,608	0,235	0,95
27-10-2010	09:01:00	232	10,034	34,221	6685	317	4,72	0,24	0,96
27-10-2010	09:02:00	233	9,773	25,438	6479	317	4,828	0,246	0,95
27-10-2010	09:03:00	233	12,145	35,004	8146	374	4,965	0,253	0,96
27-10-2010	09:04:00	233	12,25	37,975	8221	392	5,102	0,261	0,96
27-10-2010	09:05:00	232	14,986	44,204	10056	467	5,27	0,269	0,96
27-10-2010	09:06:00	232	18,322	45,951	12416	543	5,476	0,279	0,97
27-10-2010	09:07:00	233	21,372	47,697	14570	635	5,718	0,29	0,97
27-10-2010	09:08:00	232	15,116	37,35	10187	467	5,888	0,298	0,96
27-10-2010	09:09:00	232	11,468	31,016	7716	374	6,016	0,305	0,96
27-10-2010	09:10:00	233	11,076	37,037	7416	374	6,14	0,312	0,96
27-10-2010	09:11:00	236	10,321	24,291	6947	374	6,256	0,318	0,95
27-10-2010	09:12:00	235	13,11	37,375	8915	430	6,405	0,326	0,96
27-10-2010	09:13:00	234	11,572	31,693	7828	374	6,535	0,333	0,96
27-10-2010	09:14:00	234	14,778	43,709	10001	467	6,703	0,341	0,96
27-10-2010	09:15:00	234	18,349	48,14	12566	542	6,912	0,351	0,97
27-10-2010	09:16:00	234	16,159	50,459	11049	505	7,095	0,36	0,97
27-10-2010	09:17:00	234	14,074	34,508	9570	449	7,255	0,368	0,96
27-10-2010	09:18:00	234	14,699	38,809	10019	449	7,422	0,376	0,97
27-10-2010	09:19:00	235	12,484	38,184	8427	411	7,563	0,384	0,96
27-10-2010	09:20:00	234	8,444	24,943	5636	280	7,657	0,389	0,95
27-10-2010	09:21:00	235	10,399	30,572	6966	317	7,774	0,395	0,95
27-10-2010	09:22:00	235	12,432	38,549	8428	392	7,914	0,402	0,96
27-10-2010	09:23:00	236	19	46,394	13072	579	8,132	0,412	0,97
27-10-2010	09:24:00	236	15,742	38,496	10805	467	8,312	0,421	0,96
27-10-2010	09:25:00	236	13,579	36,151	9269	430	8,466	0,429	0,96
27-10-2010	09:26:00	236	15,404	33,935	10525	486	8,642	0,438	0,96
27-10-2010	09:27:00	236	14,257	45,012	9738	449	8,804	0,446	0,96
27-10-2010	09:28:00	236	9,096	28,018	6104	336	8,906	0,452	0,95
27-10-2010	09:29:00	236	10,008	32,111	6760	336	9,02	0,458	0,95
27-10-2010	09:30:00	236	11,415	39,147	7734	374	9,149	0,465	0,95

Energia elétrica consumida=Valor ao fim de uma hora-valor início 9,149-0,067=9,08 kW.h

G. DECRETO-LEI Nº363/2007

7978

Diário da República, 1.ª série—N.º 211—2 de Novembro de 2007

acções e o processo de recuperação e reconversão urbanística da área referida no artigo anterior.

Artigo 3.º**Direito de preferência**

1 — É concedido ao município de Loulé, nos termos do n.º 1 do artigo 27.º do Decreto-Lei n.º 794/96, de 5 de Novembro, o direito de preferência, pelo prazo de seis anos, a exercer nas transmissões a título oneroso entre os particulares, de terrenos ou de edifícios situados na área a que alude o artigo 1.º

2 — O referido direito de preferência é exercido nos termos previstos no Decreto n.º 862/76, de 22 de Dezembro, devendo a comunicação a que se refere o artigo 3.º do citado diploma ser dirigida ao presidente da Câmara Municipal de Loulé.

Artigo 4.º**Entrada em vigor**

O presente decreto entra em vigor no dia seguinte ao da sua publicação.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 9 de Agosto de 2007. — *José Sócrates Carvalho Pinto de Sousa* — *Francisco Carlos da Graça Nunes Correia*.

Assinado em 22 de Outubro de 2007.

Publique-se.

O Presidente da República, ANÍBAL CAVACO SILVA.

Referendado em 25 de Outubro de 2007.

O Primeiro-Ministro, *José Sócrates Carvalho Pinto de Sousa*.

**MINISTÉRIO DA ECONOMIA E DA INOVAÇÃO****Decreto-Lei n.º 363/2007****de 2 de Novembro**

O Decreto-Lei n.º 29/2006, de 15 de Março, veio estabelecer as bases gerais de organização e funcionamento do Sistema Eléctrico Nacional (SEN), classificando a produção de electricidade em regime ordinário e em regime especial. Ao regime especial corresponde a produção de electricidade com incentivos à utilização de recursos endógenos e renováveis ou a produção combinada de calor e electricidade.

Independentemente da revisão dos regimes aplicáveis às energias renováveis e à co-geração, entendeu o Governo

avancar, desde já, com um regime simplificado aplicável à microprodução de electricidade, também designado por renováveis na hora conforme previsto no Programa de Simplificação Administrativa e Legislativa SIMPLEX 2007.

A microprodução de electricidade, como actividade de produção de electricidade em baixa tensão com possibilidade de entrega de energia à rede eléctrica pública, foi regulada pelo Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de Março. O presente decreto-lei prevê que a electricidade produzida se destine predominantemente a consumo próprio, sendo o excedente passível de ser entregue a terceiros ou à rede pública, com o limite de 150 kW de potência no caso de a entrega ser efectuada à rede pública.

Passados que são mais de cinco anos desde a entrada em vigor do Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de Março, verifica-se que o número de sistemas de microgeração

Figura G.1 - Decreto lei 363/2007-Pág.7978

de electricidade licenciados e a funcionar ao abrigo deste enquadramento legal não atingiu uma expressão significativa.

Por outro lado, o Decreto-Lei n.º 312/2001, de 10 de Dezembro, estabeleceu as disposições aplicáveis à gestão da capacidade de recepção de electricidade nas redes do Sistema Eléctrico de Serviço Público (SEP), por forma a permitir a recepção e a entrega de electricidade proveniente de novos centros electroprodutores do Sistema Eléctrico Independente (SEI). Contudo, esse decreto-lei aplica-se a todos os centros electroprodutores, independentemente da sua potência nominal ou localização geográfica, conduzindo, assim, a uma excessiva centralização administrativa dos processos de licenciamento de micro ou pequena ou microdimensão.

Assim, desta forma, o presente decreto-lei vem simplificar significativamente o regime de licenciamento existente, substituindo-o por um regime de simples registo, sujeito a inspecção de conformidade técnica. A entrega e a análise de projecto são substituídas pela criação de uma base de dados de elementos-tipo preexistente que o produtor deve respeitar, encurtando-se um procedimento com duração de vários meses a um simples registo electrónico.

É criado o Sistema de Registo da Microprodução (SRM), que constitui uma plataforma electrónica de interacção com os produtores, no qual todo o relacionamento com a Administração, necessário para exercer a actividade de microprodutor, poderá ser realizado.

É ainda previsto um regime simplificado de facturação e de relacionamento comercial, evitando-se a emissão de facturas e acertos de IVA pelos particulares, que, para esse efeito, são substituídos pelos comercializadores. O microprodutor recebe ou paga através de uma única transacção, pelo valor líquido dos recebimentos relativos à electricidade produzida e dos pagamentos relativos à electricidade consumida.

O presente decreto-lei cria, também, dois regimes de remuneração: o regime geral e o bonificado. O primeiro para a generalidade das instalações e o segundo apenas aplicável às fontes renováveis de energia, cujo acesso é condicionado à existência no local de consumo de colectores solares térmicos, no caso de produtores individuais, e da realização de auditoria energética e respectivas medidas, no caso de condomínios. O incentivo associado à venda de electricidade é, assim, utilizado para promover a água quente solar, complementando o Decreto-Lei n.º 80/2006, de 21 de Abril, que estabelece a obrigatoriedade de instalação destes sistemas nos novos edifícios.

Este decreto-lei vem dar expressão a duas das medidas contempladas na Resolução do Conselho de Ministros n.º 169/2005, de 24 de Outubro, que aprova a Estratégia Nacional para a Energia, no que respeita às linhas de orientação política sobre renováveis e eficiência energética.

Foram ouvidos os órgãos de governo próprio das Regiões Autónomas, a Associação Nacional de Municípios Portugueses e as associações de consumidores.

Foi promovida a audição do Conselho Nacional do Consumo.

Foram ouvidos, a título facultativo, a Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos e a Associação do Sector das Energias Renováveis.

Assim:

Nos termos da alínea a) do n.º 1 do artigo 198.º da Constituição, o Governo decreta o seguinte:

CAPÍTULO I

Disposições gerais

Artigo 1.º

Objecto

O presente decreto-lei estabelece o regime jurídico aplicável à produção de electricidade por intermédio de instalações de pequena potência, adiante designadas por unidades de microprodução.

Artigo 2.º

Siglas e definições

Para efeitos do presente decreto-lei, são utilizadas as seguintes siglas e definições:

- a) «Comercializador» a entidade titular da licença de comercialização de electricidade;
- b) «Comercializador de último recurso» a entidade titular de licença de comercialização de electricidade sujeita a obrigações de serviço universal;
- c) «DGEG» a Direcção-Geral de Energia e Geologia;
- d) «DRE» a direcção regional de economia competente;
- e) «Potência contratada» o limite da potência estabelecida no dispositivo controlador da potência de consumo;
- f) «Potência instalada» a potência, em quilowatt, dos equipamentos de produção de electricidade;
- g) «Potência de ligação» a potência máxima, em quilowatt, que o produtor pode injectar na Rede Eléctrica de Serviço Público (RESP), que no caso de instalações com inversor é equivalente à potência instalada máxima deste equipamento;
- h) «Ponto de ligação» o ponto que liga a unidade de microprodução à RESP;
- i) «Produtor» a entidade que produz electricidade por intermédio de uma unidade de microprodução;
- j) «RESP» a Rede Eléctrica de Serviço Público;
- l) «SRM» o Sistema de Registo de Microprodução, que constitui uma plataforma electrónica de interacção entre a Administração Pública e os produtores;
- m) «Unidades do grupo 1» a instalação de produção de electricidade monofásica em baixa tensão com potência de ligação até 5,75 kW.

Artigo 3.º

Âmbito

O presente decreto-lei aplica-se às unidades de grupo 1, quer utilizem recursos renováveis como energia primária quer produzam, combinadamente, electricidade e calor.

Artigo 4.º

Acesso à actividade de produção

1 — Podem ser produtores de electricidade por intermédio de unidades de microprodução todas as entidades que disponham de um contrato de compra de electricidade em baixa tensão.

Figura G.2 – Decreto-lei Nº363/2007-Pág. 7979

2 — A unidade de microprodução deve ser integrada no local da instalação eléctrica de utilização.

3 — Os produtores de electricidade nos termos do presente decreto-lei não podem injectar na RESP, no âmbito desta actividade, uma potência superior a 50 % da potência contratada para a instalação eléctrica de utilização.

4 — O limite estabelecido no número anterior não é aplicável às instalações eléctricas de utilização em nome de condomínios.

5 — O acesso à actividade de microprodução é sujeito a registo no SRM nos termos do artigo 13.º

6 — O acesso à actividade de microprodução pode ser restringido mediante comunicação pelo operador da rede de distribuição, nos casos em que a instalação de utilização esteja ligada a um posto de transformação cujo somatório da potência dos registos aí ligados ultrapasse o limite de 25 % da potência do respectivo posto de transformação.

7 — A restrição prevista no número anterior é aplicável apenas aos pedidos de registo recebidos pelo SRM após cinco dias úteis da comunicação pelo operador da rede de distribuição ao SRM das instalações eléctricas de utilização abrangidas.

Artigo 5.º

Direitos do produtor

No âmbito do exercício da actividade de produção de electricidade, o produtor tem o direito de:

a) Estabelecer uma unidade de microprodução por cada instalação eléctrica de utilização;

b) Ligar a unidade de microprodução à RESP, após a emissão do certificado de exploração e celebração do respectivo contrato de compra e venda de electricidade, nos termos do artigo 19.º;

c) Vender a totalidade da electricidade produzida pela potência permitida nos termos do artigo 4.º, líquida dos serviços auxiliares.

Artigo 6.º

Deveres do produtor

Sem prejuízo do cumprimento da legislação e regulamentação aplicáveis, o produtor deve:

a) Entregar a electricidade em conformidade com as normas técnicas aplicáveis e de modo a não causar perturbação no normal funcionamento da rede pública de distribuição em baixa tensão (BT);

b) Produzir electricidade apenas a partir da fonte de energia registada nos termos do presente decreto-lei;

c) Consumir o calor produzido no caso de equipamentos de produção combinada de electricidade e de calor;

d) Celebrar um contrato de compra e venda de electricidade, nos termos do artigo 19.º;

e) Prestar à DGEG, ou a entidade com competências delegadas por esta, à DRE territorialmente competente, ao comercializador ou ao comercializador de último recurso, consoante o caso, e ao operador da rede de distribuição todas as informações que lhe sejam solicitadas;

f) Permitir e facilitar o acesso do pessoal técnico da DGEG, ou da entidade com competências delegadas por esta, da DRE territorialmente competente, do comercializador ou do comercializador de último recurso, consoante o caso, e do operador da rede de distribuição à unidade de microprodução, no âmbito das suas competências, para efeitos do presente decreto-lei;

g) Suportar os custos da ligação à RESP, nos termos do Regulamento de Relações Comerciais, incluindo o respectivo contador de venda;

h) No caso de instalações que utilizem a energia eólica, ou que estejam localizadas em locais de livre acesso ao público, possuir um seguro de responsabilidade civil, nos termos a definir mediante portaria conjunta dos membros do Governo responsáveis pelas áreas das finanças e da economia.

Artigo 7.º

Competências da DGEG

1 — Compete à DGEG a coordenação do processo de gestão da microprodução, nomeadamente:

a) Criar, manter e gerir o SRM destinado ao registo das unidades de microprodução, com informação do respectivo titular e instalador, assim como das inspecções necessárias à emissão do certificado de exploração;

b) Realizar as inspecções necessárias à emissão do certificado de exploração, directamente ou através de técnicos contratados para o efeito;

c) Emitir o certificado de exploração da instalação de microprodução;

d) Criar e manter uma base de dados de elementos-tipo, que integrem os equipamentos para as diversas soluções de unidades de microprodução;

e) Manter a lista das entidades instaladoras devidamente actualizada;

f) Constituir uma bolsa de equipamentos certificados, mantendo uma lista actualizada no sítio da Internet da DGEG ou da entidade com competências delegadas por esta;

g) Regulamentar os procedimentos aplicáveis à implementação da microprodução, definindo, designadamente, tipos de relatórios e formulários que devam ser preenchidos e apresentados em formato electrónico no sítio da Internet da DGEG, ou da entidade com competências delegadas por esta;

h) Fornecer aos interessados e divulgar no sítio da Internet da DGEG, ou da entidade com competências delegadas por esta, informação relativamente às diversas soluções de produção de electricidade e de aquecimento, designadamente as suas vantagens e inconvenientes;

i) Realizar campanhas de sensibilização para as soluções de água quente solar e outras equivalentes renováveis ou de elevada eficiência.

2 — O director-geral da DGEG pode delegar as competências previstas nas alíneas a) a f) do número anterior em entidade legalmente constituída e reconhecida para aprovar projectos e inspecionar e certificar instalações eléctricas, pelo prazo de quatro anos renováveis, nos termos de protocolo a celebrar entre estas entidades e homologado pelo membro do Governo responsável pela área da economia.

3 — O director-geral de Energia e Geologia pode aprovar, mediante despacho publicado no *Diário da República*, regras técnicas específicas para as instalações de microprodução que se justifiquem para o adequado funcionamento do sistema.

Artigo 8.º

Actividade de instalação

1 — Podem exercer a actividade de instalação de unidades de microprodução empresários em nome individual ou sociedades comerciais, com alvará ou título de registo no

Figura G.3— Decreto-lei-Pág.7980

InCI, Instituto da Construção e do Imobiliário, I. P., para a execução de instalações de produção de electricidade.

2 — Todas as entidades instaladoras, empresários em nome individual ou sociedades comerciais, que pretendam exercer a actividade de instalação de unidades de microprodução, devem proceder ao seu registo no SRM, mediante o preenchimento de formulário electrónico a aprovar por despacho do director-geral de Energia e Geologia disponibilizado no sítio da Internet da DGEG ou da entidade com competências delegadas por esta.

3 — O registo das entidades instaladoras é válido por um período de três anos, findo o qual caduca automaticamente, salvo se estas procederem, antecipadamente, a um novo registo.

4 — Cada entidade instaladora deve dispor de um técnico responsável por instalações eléctricas de serviço particular, nos termos do Decreto Regulamentar n.º 31/83, de 18 de Abril.

CAPÍTULO II

Remuneração e facturação

Artigo 9.º

Regimes remuneratórios

1 — Os produtores têm acesso a dois regimes remuneratórios:

a) Regime geral, aplicável a todos os que tenham acesso à actividade, nos termos do artigo 4.º;

b) Regime bonificado, para unidades de microprodução com potência de ligação até 3,68 kW que utilizem as fontes de energia previstas no n.º 5 do artigo 11.º, aplicável nas seguintes condições:

i) No caso das entidades que pretendam instalar unidades de cogeração a biomassa, desde que esta esteja integrada no aquecimento do edifício;

ii) No caso das entidades que pretendam instalar unidades de microprodução que utilizem outras fontes de energia, diferentes da prevista na subalínea anterior, desde que estas disponham de colectores solares térmicos para aquecimento de água na instalação de consumo, com um mínimo de 2 m² de área de colector;

iii) No caso dos condomínios, desde que estes realizem uma auditoria energética ao edifício e que tenham implementado as medidas de eficiência energética identificadas nesta auditoria com período de retorno até dois anos.

2 — O acesso ao regime bonificado é realizado mediante solicitação do promotor no formulário do registo previsto no n.º 1 do artigo 13.º e verificação do cumprimento das condições previstas no número anterior no acto da inspecção, nos termos do artigo 14.º

3 — No âmbito do presente decreto-lei apenas é remunerada a energia activa entregue à RESP.

Artigo 10.º

Regime geral

1 — Todos os produtores que não obtenham acesso ao regime bonificado são considerados no regime geral.

2 — A tarifa de venda de electricidade é igual ao custo da energia do tarifário aplicável pelo comercializador de último recurso do fornecimento à instalação de consumo.

Artigo 11.º

Regime bonificado

1 — Para cada produtor no regime bonificado é definida uma tarifa única de referência aplicável à energia produzida no ano da instalação e nos cinco anos civis seguintes.

2 — A tarifa única de referência aplicável a cada produtor nos termos do número anterior é a seguinte:

a) Aos primeiros 10 MW de potência de ligação registados a nível nacional, a tarifa de referência é de € 650/MWh;

b) Por cada 10 MW adicionais de potência de ligação registada a nível nacional, a tarifa única aplicável é sucessivamente reduzida de 5 %.

3 — Após o período de 5 anos previsto no n.º 1 e durante o período adicional de 10 anos, aplica-se à instalação de microprodução, anualmente, a tarifa única correspondente à que seja aplicável, no dia 1 de Janeiro desse ano, às novas instalações que sejam equivalentes.

4 — Após o período previsto no número anterior, aplica-se à instalação de microprodução o regime geral previsto no artigo anterior.

5 — O tarifário de referência previsto no n.º 2 depende do tipo de energia renovável utilizada, mediante a aplicação das seguintes percentagens à tarifa de referência:

a) Solar — 100 %;

b) Eólica — 70 %;

c) Hídrica — 30 %;

d) Cogeração a biomassa — 30 %;

e) Pilhas de combustível com base em hidrogénio proveniente de microprodução renovável — percentagem prevista nas alíneas anteriores aplicável ao tipo de energia renovável utilizado para a produção do hidrogénio;

f) Combinação das fontes de energia previstas nas alíneas anteriores na mesma unidade — a média ponderada das percentagens individuais aplicáveis utilizando como factor de ponderação os limites máximos de energia aplicáveis nos termos previstos no n.º 6.

6 — A electricidade vendida nos termos do número anterior é limitada a 2,4 MWh/ano, no caso da alínea a) do número anterior, e a 4 MWh/ano, no caso das restantes alíneas do mesmo número, por cada quilowatt instalado.

7 — A potência de ligação registada no regime bonificado é sujeita a um limite anual.

8 — O limite previsto no número anterior é de 10 MW no ano de entrada em vigor do presente decreto-lei, sendo aumentado, anual e sucessivamente, em 20 %.

Artigo 12.º

Facturação, contabilidade e relacionamento comercial

1 — O comercializador de último recurso deve celebrar o contrato de compra e venda da electricidade resultante da microprodução, nos termos do artigo 19.º, e assegurar o seu pagamento, excepto nos casos em que o produtor opte pela celebração daquele contrato com outro comercializador.

2 — O pagamento referido no número anterior é feito directamente ao produtor, mediante transferência bancária e, sempre que possível, juntamente com os pagamentos relativos à instalação eléctrica de utilização.

3 — Sem prejuízo do disposto no número anterior, nos casos em que o produtor celebre contrato de financiamento para a aquisição da instalação de microprodução, pode optar pela realização do pagamento por parte do

comercializador ou do comercializador de último recurso, consoante o caso, até 75 % do valor adquirido com a venda de electricidade, directamente à entidade financiadora, nos termos e duração previstos naquele contrato.

4 — A facturação relativa à electricidade resultante da microprodução é processada pelo comercializador ou pelo comercializador de último recurso, consoante o caso, nos termos do n.º 11 do artigo 35.º do Código do IVA, sem necessidade de acordo escrito do produtor.

5 — No caso de produtores que não se encontrem enquadrados, para efeitos de IVA, no regime normal de tributação e relativamente às transmissões de bens que venham a derivar exclusivamente da microprodução de energia eléctrica, é aplicável, com as necessárias adaptações, o regime especial de entrega de imposto previsto no artigo 10.º do Decreto-Lei n.º 122/88, de 20 de Abril, devendo os comercializadores, em sua substituição, dar cumprimento às obrigações de liquidação e entrega do imposto.

CAPÍTULO III

Registo e ligação à rede

Artigo 13.º

Registo

1 — Para instalar uma unidade de microprodução, o interessado deve proceder ao seu registo no SRM, mediante o preenchimento de formulário electrónico a aprovar por despacho do director-geral de Energia e Geologia, disponibilizado no sítio da Internet da DGEG, que inclui o tipo de regime remuneratório pretendido e o comercializador com o qual pretenda celebrar o respectivo contrato de compra e venda de electricidade.

2 — O registo, em caso de correcto preenchimento do formulário e não estando ultrapassados os limites de potência previstos no n.º 7 do artigo 11.º e nos n.ºs 6 e 7 do artigo 4.º, é aceite, a título provisório, até ao pagamento da taxa aplicável, através de terminal Multibanco ou de sistema de *homebanking*, no prazo máximo de cinco dias úteis, com base em informação disponibilizada pelo SRM.

3 — Após o registo provisório, o requerente tem 120 dias para instalar a unidade de microprodução e requerer o certificado de exploração através do SRM, mediante o preenchimento de formulário electrónico.

4 — Em caso de incumprimento de qualquer uma das obrigações previstas nos n.ºs 2 e 3, o registo é anulado automaticamente.

5 — Durante o período previsto no n.º 3, podem ser solicitados pela DGEG, ou pela entidade com competências delegadas por esta, ao produtor os esclarecimentos que sejam considerados necessários para se poder efectuar a inspecção prevista no presente decreto-lei.

6 — No caso de o produtor pretender efectuar alguma alteração na sua instalação de microprodução, deve proceder a novo registo aplicável à totalidade da instalação, que substitui o anterior, mantendo-se a data da instalação inicial para efeitos da aplicação do artigo 11.º

Artigo 14.º

Inspecção

1 — O certificado de exploração é emitido na sequência de inspecção, que deve ser efectuada nos 20 dias subsequentes ao pedido previsto no n.º 3 do artigo anterior, com marcação de dia e hora em que a mesma se vai realizar,

devendo esta ser comunicada ao produtor e técnico responsável pelos meios electrónicos disponíveis.

2 — Na inspecção é verificado se as unidades de microprodução estão executadas de acordo com o disposto no presente decreto-lei e regulamentação em vigor, se a instalação de utilização cumpre os requisitos previstos na alínea b) do n.º 1 do artigo 9.º para acesso ao regime bonificado, se o respectivo contador cumpre as especificações e está correctamente instalado e devidamente selado e são efectuados os ensaios necessários para verificar o adequado funcionamento dos equipamentos.

3 — Os ensaios previstos no número anterior destinam-se a verificar os valores fixados no prEN50438, de Julho de 2005, relativamente a máximo e mínimo de tensão, máximo e mínimo de frequência, *flicker* e harmónicas e outros que venham a ser definidos por despacho do director-geral de Energia e Geologia, previsto no n.º 3 do artigo 7.º

4 — Na inspecção deve estar sempre presente o técnico responsável por instalações eléctricas de serviço particular, ao serviço da entidade instaladora, ao qual compete esclarecer todas as dúvidas que possam ser suscitadas no acto da inspecção.

5 — Se a unidade de microprodução estiver em condições de ser ligada à RESP, é entregue pelo inspector ao produtor ou ao técnico responsável presente, no final da inspecção, o relatório de inspecção que, em caso de parecer favorável, substitui o certificado de exploração a remeter posteriormente ao produtor pela entidade responsável pelo SRM.

6 — No caso de não emissão de parecer favorável é entregue no próprio dia da inspecção uma nota com as cláusulas que devem ser cumpridas para colmatar as deficiências encontradas.

Artigo 15.º

Segunda inspecção

1 — Sempre que na inspecção prevista no artigo anterior sejam detectadas deficiências que ponham em perigo pessoas e bens, é necessária uma segunda inspecção para emissão do respectivo certificado de exploração.

2 — Após a data da primeira inspecção, o produtor dispõe do prazo de 30 dias para proceder às correcções necessárias e agendar nova inspecção, findo o qual fica automaticamente marcada para o 1.º dia útil seguinte ao termo daquele prazo uma segunda inspecção.

3 — A segunda inspecção prevista no presente artigo é objecto de uma taxa, que o produtor deve pagar através de terminal Multibanco ou de sistema de *homebanking*, com base em informação disponibilizada pelo SRM, antes da data prevista para a sua realização.

4 — Se na segunda inspecção se mantiverem deficiências que ponham em perigo pessoas e bens, não é autorizada a ligação à RESP da unidade de microprodução, procedendo-se, neste caso, ao cancelamento do registo da unidade de microprodução.

5 — O não pagamento da taxa prevista no n.º 3 ou a não realização da segunda inspecção nos prazos previstos no n.º 2, por motivos imputáveis ao produtor, implica também o cancelamento do registo da unidade de microprodução.

Artigo 16.º

Dispensa de inspecção

1 — Após cinco inspecções a unidades de microprodução de um mesmo instalador, cuja ligação à RESP tenha

Figura G.5- Decreto-lei 363/2007-Pág-7982

sido autorizada sem recurso a uma segunda inspecção, a entidade responsável pelo SRM pode utilizar o critério da amostragem e sorteio para a realização de inspecções.

2 — Nos casos de dispensa de inspecção previstos no número anterior, o certificado de exploração deve ser emitido pela entidade responsável pelo SRM e enviado ao produtor.

Artigo 17.º

Contagem de electricidade

1 — O sistema de contagem de electricidade e os equipamentos que asseguram a protecção da interligação devem ser colocados em local de acesso livre ao comercializador ou ao comercializador de último recurso, consoante o caso, ao operador da rede de distribuição, bem como às entidades competentes para efeitos do presente decreto-lei.

2 — A contagem da electricidade produzida é feita por telecontagem mediante contador bidireccional, ou contador que assegure a contagem líquida dos dois sentidos, autónomo do contador da instalação de consumo.

3 — Não é aplicável aos produtores de unidades de microprodução a obrigação de fornecimento de energia reactiva.

Artigo 18.º

Controlo de equipamentos

1 — Os fabricantes, importadores, seus representantes e entidades instaladoras podem comprovar junto da entidade responsável pelo SRM que os seus equipamentos estão certificados e qual a natureza da certificação, devendo aquela entidade proceder à respectiva disponibilização no seu sítio na Internet.

2 — Os produtores que instalem equipamentos cuja certificação não tenha sido previamente comprovada junto do SRM devem apresentar os respectivos certificados no acto da inspecção.

Artigo 19.º

Contrato de compra e venda de electricidade e ligação à rede

1 — Com a emissão do certificado de exploração nos termos do n.º 5 do artigo 14.º ou do n.º 2 do artigo 16.º, a entidade responsável pelo SRM notifica o comercializador com vista ao envio do contrato de compra e venda de electricidade ao respectivo produtor no prazo máximo de cinco dias úteis.

2 — O comercializador dá conhecimento, no mesmo prazo previsto no número anterior, mediante formulário electrónico disponibilizado pelo SRM, do envio do contrato previsto no número anterior.

3 — Nos casos em que o comercializador identificado no registo, nos termos do n.º 1 do artigo 13.º, comunique junto do SRM não pretender celebrar contrato de compra e venda de electricidade nos termos do presente artigo, a entidade responsável pelo SRM notifica o comercializador de último recurso para os efeitos do n.º 1, dando conhecimento ao produtor.

4 — O contrato de compra e venda de electricidade previsto no n.º 1 deve seguir o modelo de contrato a aprovar pelo director-geral de Energia e Geologia.

5 — Após a celebração do contrato previsto no número anterior, o produtor deve informar da sua celebração no sítio da Internet da entidade responsável pelo SRM, de-

vendo esta solicitar, automaticamente, ao operador da rede de distribuição a ligação da unidade de microprodução à RESP.

6 — O operador da RESP deve proceder à ligação da unidade de microprodução, no prazo máximo de 10 dias úteis após a notificação pela entidade responsável pelo SRM.

7 — A data de ligação à rede pública deve ser actualizada pelo operador da rede de distribuição, em formulário electrónico específico para o efeito, disponibilizado pelo SRM.

Artigo 20.º

Alteração de titularidade

1 — Quando houver alteração do titular do contrato de compra e venda de electricidade do local de consumo onde está instalada a unidade de microprodução, o novo titular pode registar-se como produtor, substituindo o anterior.

2 — É permitida a transferência de uma unidade de microprodução para novo local de consumo, devendo o produtor proceder nos termos do presente decreto-lei como se tratasse de instalação nova.

3 — No caso previsto no número anterior, deve manter-se o número e a data de registo, bem como o regime remuneratório que o produtor detinha antes da alteração do local da instalação.

Artigo 21.º

Reconhecimento de investimentos e custos

1 — O comercializador, que celebre um contrato de compra e venda de electricidade nos termos do artigo 19.º, pode vender a electricidade adquirida ao comercializador de último recurso nas mesmas condições, nos termos a definir no Regulamento de Relações Comerciais.

2 — O reconhecimento dos custos de aquisição de energia pelo comercializador de último recurso de acordo com os regimes previstos no artigo 9.º é realizado de acordo com o estabelecido no artigo 55.º do Decreto-Lei n.º 172/2006, de 23 de Agosto, na redacção que lhe foi dada pelo Decreto-Lei n.º 264/2007, de 24 de Julho.

3 — O reconhecimento para efeitos tarifários dos investimentos e custos incorridos pelo comercializador de último recurso com a implementação ou alteração dos sistemas informáticos de facturação e outros, necessários para a execução do presente decreto-lei é realizado nos termos previstos no artigo 62.º do Decreto-Lei n.º 29/2006, de 15 de Fevereiro.

CAPÍTULO IV

Disposições finais

Artigo 22.º

Monitorização e controlo

1 — As unidades de microprodução ficam sujeitas à monitorização e controlo pela entidade responsável pelo SRM, para verificar as condições de protecção da interligação com a RESP e as características da instalação previstas no registo.

2 — A monitorização prevista no número anterior abrange anualmente pelo menos 1 % das instalações re-

Figura G.6- Decreto-lei 363/2007-Pág-7983

7984

Diário da República, 1.ª série—N.º 211—2 de Novembro de 2007

gistadas, podendo as instalações ser seleccionadas por amostragem e sorteio.

3 — Para efeitos do número anterior, os produtores devem facilitar o acesso às respectivas instalações de produção à entidade responsável pelo SRM.

Artigo 23.º

Taxas

1 — Estão sujeitos a pagamento de taxa os seguintes actos:

- a) Registo da instalação de microprodução;
- b) Realização de uma segunda inspecção.

2 — As taxas previstas no número anterior são liquidadas à entidade responsável pelo SRM, constituindo receita desta.

3 — Os montantes das taxas são definidas por portaria do membro do Governo responsável pela área da economia, a publicar no prazo de 30 dias da entrada em vigor do presente decreto-lei.

Artigo 24.º

Contra-ordenações e sanções acessórias

1 — Constitui contra-ordenação punível com coima de € 500 a € 2500, no caso de pessoas singulares, e de € 1000 a € 40 000, no caso de pessoas colectivas:

- a) A violação do disposto no n.º 3 do artigo 4.º;
- b) A violação do disposto nas alíneas a) a d) do artigo 6.º;
- c) A violação do disposto nos n.ºs 1, 2 e 4 do artigo 8.º;
- d) Vender electricidade através do regime bonificado sem cumprir as condições estabelecidas na alínea b) do n.º 1 do artigo 9.º;
- e) A violação do disposto nos n.ºs 1 e 4 do artigo 12.º;
- f) A violação do disposto no n.º 6 do artigo 13.º;
- g) A ligação ou alteração da unidade de microprodução à rede de distribuição pública em inobservância ao disposto nos artigos 13.º, 14.º e 15.º;
- h) A violação do disposto nos n.ºs 1 e 2 do artigo 19.º

2 — Constitui contra-ordenação punível com coima de € 250 a € 1750, no caso de pessoas singulares, e de € 500 a € 20 000, no caso de pessoas colectivas:

- a) A violação do disposto nas alíneas e) e f) do artigo 6.º;
- b) A violação do disposto no n.º 3 do artigo 22.º;
- c) Solicitar a emissão do certificado de exploração nos termos do n.º 3 do artigo 13.º sem que a instalação esteja concluída.

3 — A negligência é punível, sendo os limites mínimos e máximos das coimas aplicáveis reduzidas a metade.

4 — Conjuntamente com as coimas previstas no presente artigo pode ser aplicada, em função da gravidade da infracção e da culpa do agente, a sanção acessória de perda do direito ao regime bonificado e aplicação do regime geral nos casos previstos nas alíneas a), b), d) e f) do n.º 1.

5 — A DGEG procede à instrução dos processos de contra-ordenação e sanção acessória, sendo o seu director-geral competente para a aplicação das coimas.

6 — O produto resultante da aplicação das coimas reverte em 60% para o Estado e em 40% para a DGEG.

Artigo 25.º

Regiões Autónomas

1 — O presente decreto-lei aplica-se às Regiões Autónomas, sem prejuízo das adaptações decorrentes da aplicação do disposto no número seguinte, bem como das especificidades do exercício das actividades de produção, transporte, distribuição e comercialização de electricidade nas Regiões Autónomas.

2 — As competências cometidas pelo presente decreto-lei à DGEG, ou a entidade com competências delegadas por esta, e a serviços ou outros organismos da administração central são exercidas pelos correspondentes serviços e organismos das administrações regionais com idênticas atribuições e competências, ou pelas entidades com competências delegadas por estes, sem prejuízo das competências de outras entidades de actuação com âmbito nacional.

Artigo 26.º

Legislação aplicável

Sem prejuízo do disposto no artigo 21.º, não se aplicam os regimes constantes do Decreto-Lei n.º 68/2002, de 25 de Março, e do Decreto-Lei n.º 312/2001, de 10 de Dezembro.

Artigo 27.º

Entrada em vigor

O presente decreto-lei entra em vigor 90 dias após a data da sua publicação.

Visto e aprovado em Conselho de Ministros de 13 de Setembro de 2007. — *José Sócrates Carvalho Pinto de Sousa* — *Fernando Teixeira dos Santos* — *Alberto Bernardes Costa* — *Francisco Carlos da Graça Nunes Correia* — *António José de Castro Guerra*.

Promulgado em 19 de Outubro de 2007.

Publique-se.

O Presidente da República, ANÍBAL CAVACO SILVA.

Referendado em 25 de Outubro de 2007.

O Primeiro-Ministro, *José Sócrates Carvalho Pinto de Sousa*.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO DESENVOLVIMENTO RURAL E DAS PESCAS

Decreto-Lei n.º 364/2007

de 2 de Novembro

O Decreto-Lei n.º 136/2005, de 17 de Agosto, estabeleceu medidas de carácter excepcional tendo em vista a regularização da situação jurídica dos prédios rústicos sítos em áreas florestais.

Decorridos dois anos após a publicação do referido diploma legal, a avaliação da sua execução permite concluir que as medidas instituídas fomentaram a iniciativa dos particulares no sentido da regularização da situação jurídica da propriedade florestal, pese embora o curto prazo de vigência do diploma não tenha permitido atingir maiores níveis de sucesso.

Constituindo o conhecimento da propriedade florestal e a regularização da sua situação jurídica um instrumento

Figura G.7 - Decreto-lei 363/2007-Pág-7984

H. PROGRAMA PVGIS USADO NO DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

Através do programa PVGIS, retirado da Internet através da escolha do país e da região Porto, selecciona-se e localiza-se a empresa Simoldes Plásticos, S.A. em estudo.

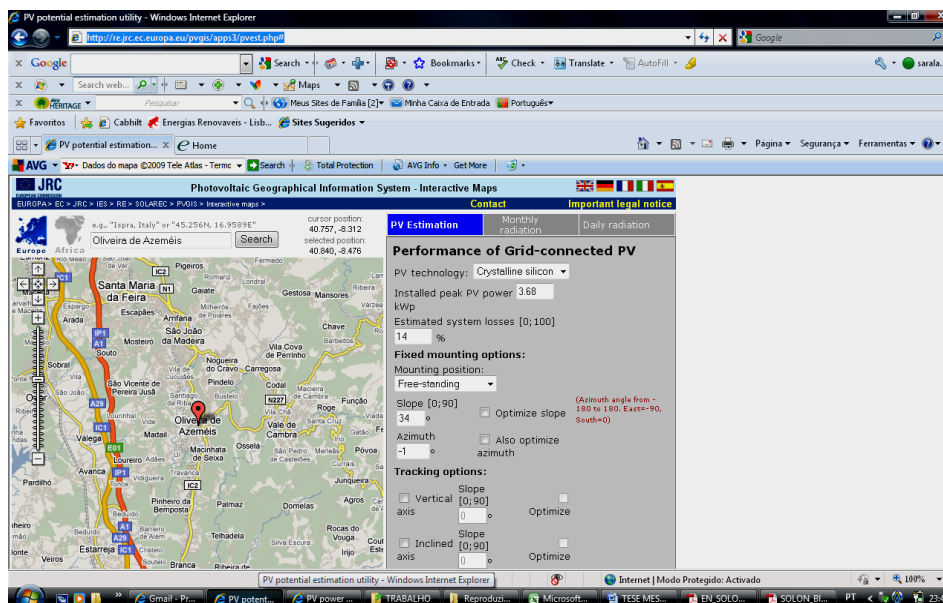


Figura H.1- Seleção da localização da empresa Simoldes Plásticos, S.A. no programa PVGIS-cidade de Oliveira de Azeméis

Após a localização da respectiva empresa, clica-se no menu “Daily Radiation”, tal como demonstrado na seguinte figura:

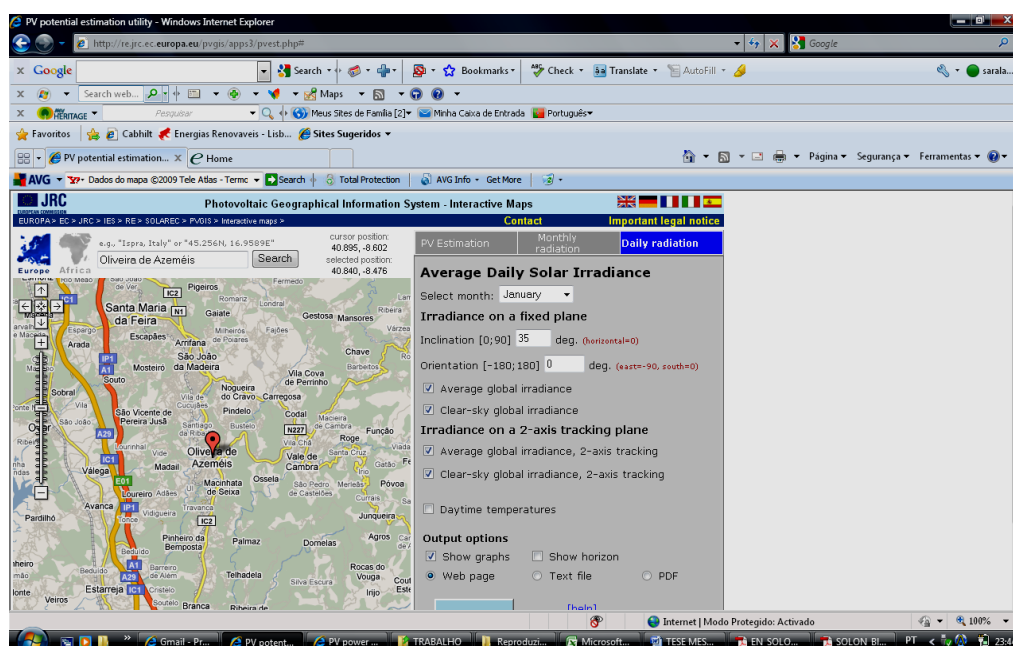


Figura H.2 - Segundo passo no simulador PVGIS para o cálculo da radiação solar

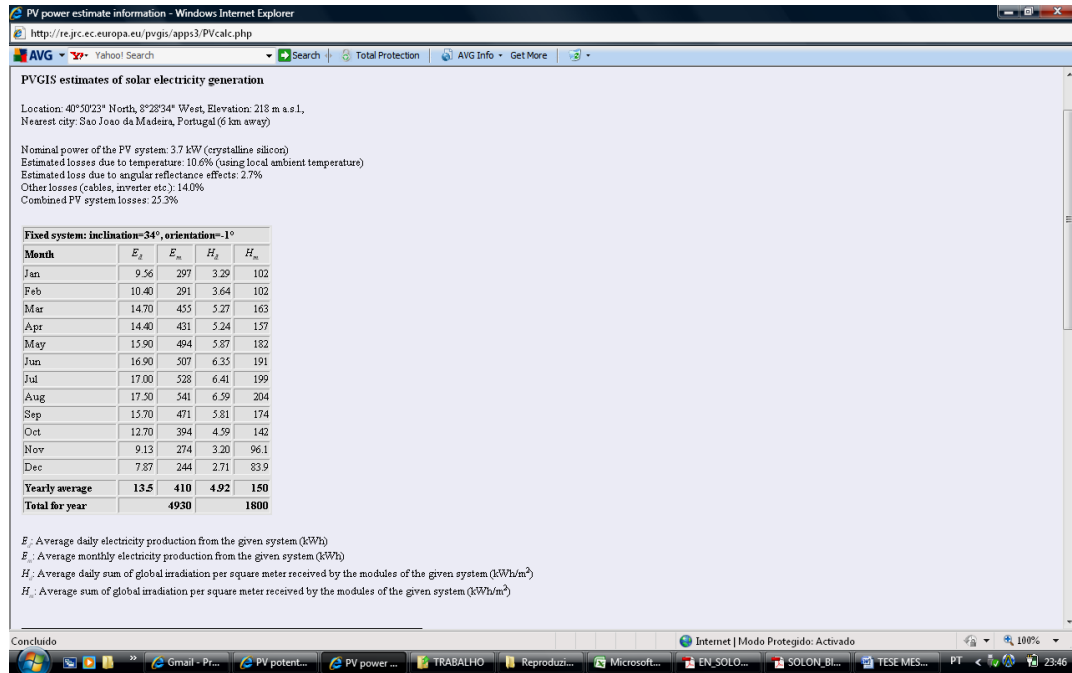


Figura H.3 - Valores mensais da irradiação solar em kW.h/m²

I. CARATERÍSTICAS DOS PAINÉIS SOLARES

CARATERÍSTICAS DA POTÊNCIA PICO INVERSOR *SUNNY BOY 3800*

Para se obter o valor da potência do pico inversor, foi feita uma consulta à ficha técnica do inversor (figura I.1)

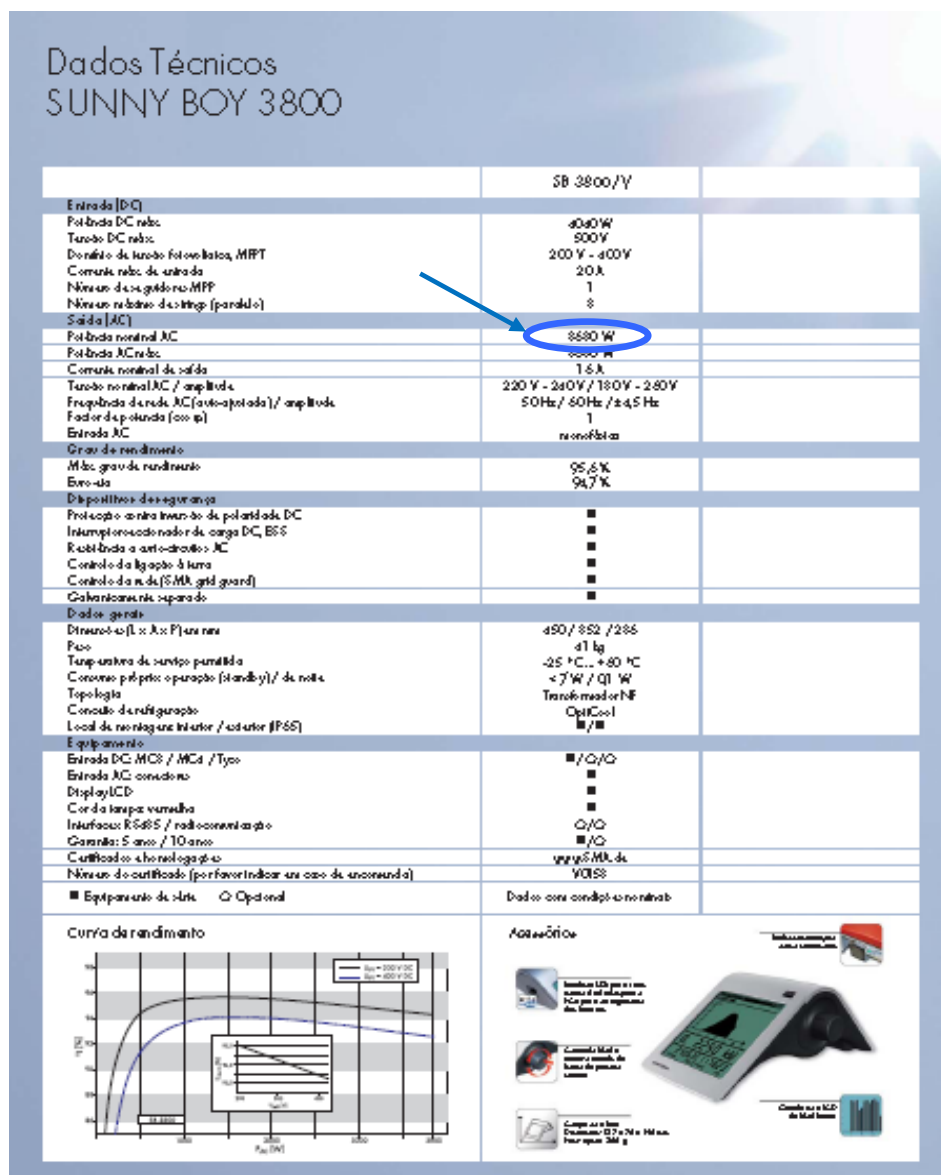



Figura I.1 – Caraterísticas do inversor Sunny Boy 3800

Seguidamente, são apresentadas as características eléctricas e dimensionais das quatro opções de painéis solares (figuras I.2 a I.8)



BP 4175

175 Watt Photovoltaic Module

High-efficiency photovoltaic module using silicon nitride monocrystalline silicon cells.

Performance


Rated power (P_{max})	175W
Power tolerance	$\pm 5\%$
Nominal voltage	24V
Limited Warranty ¹	25 years

Configuration

BP 4175 E Framed module with output cables and polarized Multicontact (MC) connectors

Electrical Characteristics²

	BP 4175
Maximum power (P_{max}) ³	175 W
Voltage at P_{max} (V_{mp})	35.7V
Current at P_{max} (I_{mp})	4.9A
Warranted minimum P_{max}	166.5W
Short-circuit current (I_{sc})	5.4A
Open-circuit voltage (V_{oc})	44.0V
Temperature coefficient of I_{sc}	$(0.065 \pm 0.015)\%/^{\circ}\text{C}$
Temperature coefficient of V_{oc}	$-116.0 \pm 10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$
Temperature coefficient of power	$-0.5 \pm 0.05\%/^{\circ}\text{C}$
NOCT (Air 20°C, Sun 0.8kW/m ² , wind 1m/s)	47 $\pm 2^{\circ}\text{C}$
Maximum series fuse rating	15A (S, L)
Maximum system voltage	600V (U.S., NEC & IEC 61215 rating)



Mechanical Characteristics

Dimensions	Length: 1550mm (62.8") Width: 750mm (31.1") Depth: 50mm (1.97")
Weight	15.4 kg (34.0 pounds)
Solar Cells	72 cells (125mm x 125mm) in a 6x12 matrix connected in series
Output Cables	RHW AWG# 12 (3.3mm) cable with polarized weatherproof DC rated Multicontact connectors - asymmetrical lengths - 1250mm (-) and 2000mm (+)
Diodes	<i>IntegraBus™</i> technology includes Schottky by-pass diodes integrated into the printed circuit board bus
Construction	Front: High-transmission 3mm (1/8" inch) tempered glass; Back: Tedlar; Encapsulant: EVA
Frame	Bronze anodized aluminum alloy type 6063T6 Universal frame

1. Module Warranty: 25-year limited warranty of 80% power output; 12-year limited warranty of 90% power output; 5-year limited warranty of materials and workmanship. See your local representative for full terms of these warranties.

2. These data represent the performance of typical BP 4175 products, and are based on measurements made in accordance with ASTM E1036 corrected to STC (STC).

3. During the stabilization process that occurs during the first few months of deployment, module power may decrease by up to 3% from typical P_{max} .

Figura I.2 - Características eléctricas do painel marca BP Solar modelo 4175

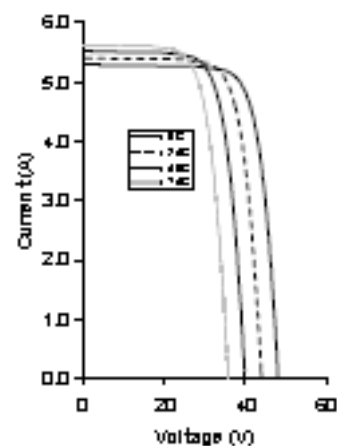
Quality and Safety

ESTI	Module power measurements calibrated to World Radiometric Reference through ESTI (European Solar Test Installation) in Spain, Italy
UL	Listed by Underwriter's Laboratories for electrical and fire safety (Class C fire rating)
IEC	Certified to IEC 61215 standards by ASU/PTL

Qualification Test Parameters

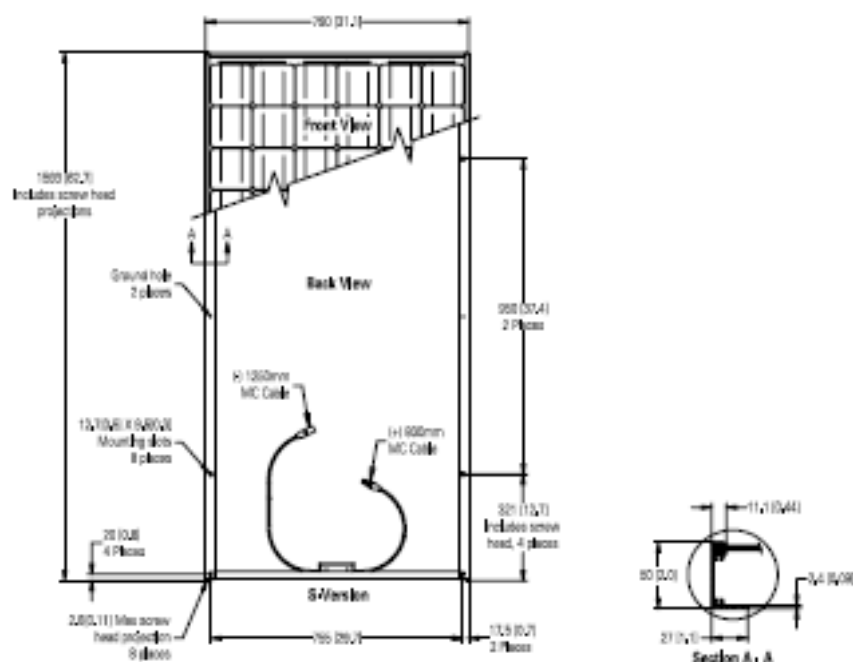
Temperature cycling range	-40°C to +85°C (-40°F to 185°F)
Humidity freeze damp heat	85% RH
Static load front and back (e.g., wind)	50psf (2400 pascals)
Front loading (e.g., snow)	113psf (5400 pascals)
Hailstone impact	25mm (1 inch) at 23 m/s (52 mph)

BP 4175I-V Curves



Module Diagram

Dimensions in brackets are in inches. Un-bracketed dimensions are in millimeters. Overall tolerances $\pm 3\text{mm}$ (1/8").



Self-tapping grounding screw instruction sheet and warranty document included with each module

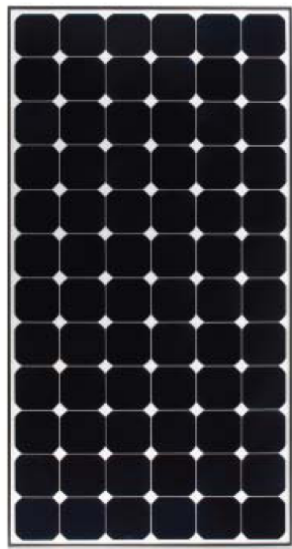
Note: This publication summarizes product warranty and specifications, which are subject to change without notice. Additional information may be found on our web site: www.hazopex.com

Figura I.3 – Caraterísticas dimensionais do painel BP Solar modelo 4175

Relativamente aos módulos da marca Sunpower, pode-se observar as respetivas características elétricas e dimensionais nas figuras I.4 e I.5, respetivamente.

Módulo Fotovoltaico SUNPOWER de 225W

Excepcional eficiência e performance



Elevada Eficiência

- Painel de eficiência de 18,1% sendo a mais elevada dos comercialmente disponíveis com painel de tamanho semelhante.

Maior potência

- Proporciona até 50% mais energia por unidade de área do que os painéis solares convencionais e 100% a mais fina película solar de painéis.

Reduzido Custo de Instalação

- Mais energia significa menos painéis a instalar. Economiza tempo e dinheiro.

Design robusto e fiável

- Materiais comprovado, vidro temperado frontal, e um robusto quadro anodizado permitir operar com confiança na montagem.

Características

Potência Pico	225 W
Tolerância	+/-3%
Eficiência (Módulo)	18,1%

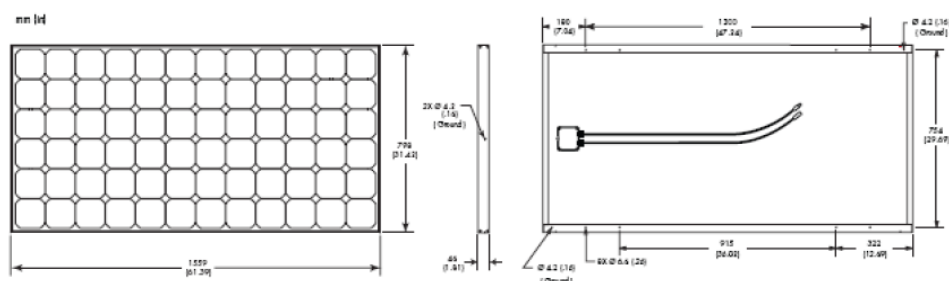
Características eléctricas

Potência Nominal	225W
Tensão no ponto de potência máxima	41,0V
Corrente no ponto máximo de potência	5,49A
Corrente de curto-circuito (I_{SC})	5,87A
Tensão em circuito aberto (V_{OC})	48,5V
Temperatura	-40° C to +85° C (-40°F to +185°F)
Voltagem (V_{OC})	-132.5 mV/°C
Coefficiente de temperatura da P	-(0,5±0,05)%/K
Valor máximo de fusível em série	20A

Figura I.4- Características eléctricas do painel marca Sunpower

Dimensões (mm)	1559 x 798
Peso (kg)	15,0
Células solares	72 Células monocristalinas
Cabos de saída	900 mm de comprimento por cabo / Conectores Multi-Contact.
Diodos	Tecnologia IntegraBus™, que inclui diodos Schottky de bypass cada 24 células. Os diodos estão integrados numa placa de circuito impresso e encapsulado.

Dimensões



Curva I-V

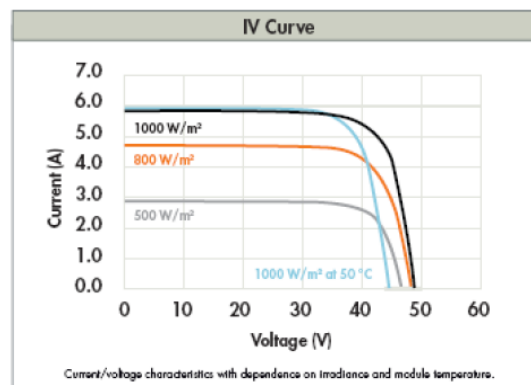


Figura I.5- Características dimensionais e curva característica dos valores da intensidade da corrente elétrica com a potência de acordo com a incidência solar

MODELO STP260-24/VB**MÓDULOS SOLARES – POLICRISTALINOS**

Suntech Power STP260-24/Vb, STP270-24/Vb,
STP280-24/Vb

**VENTAJAS DE PRODUCTO.**

Indicado para sistemas de conexión a red

Garantía sobre la potencia*

■ 25 años (80%)

■ 12 años (90%)

5 años de garantía de producto*

Tolerancia de potencia de ±3%

Probados y certificados según IEC 61215

IEC 61730, clase de aplicación A, para instalaciones de hasta 1000 V
determinación de sistema (en fase de tramitación)

Montaje rígido y económico.

■ Entrega lista para la conexión

■ Cables preconfigurados

■ Conectores Multi-Contact

■ Diódoos bypass integrados

72 células policristalinas (258 mm x 258 mm) conectadas en serie,
distribuidas 6 x 12

Control MPPT 100% con regulador individual de la potencia de conexión
módulo a eléctrica

Figura I.6 – Caraterísticas elétricas do painel Suntech modelo STP 260-24/Vb

Número de artículo	220050280	220050270	220050290
--------------------	-----------	-----------	-----------

SOLON Black 230/02

Características técnicas:

- Tecnologia celular monocristalina altamente eficiente
- Rendimento do painel até 14 %
- Excelente comportamento mesmo com baixa luminosidade
- Alta resistência graças ao vidro solar de 4 mm e aos perfis de câmara oca
- Técnica de ligação SOLON inovadora para uma perfeita dissipação de calor
- Painéis com design elegante

Vantagens SOLON:

- Seguro solar SOLON para instalações em telhados*
- 10 anos garantia de produto e 25 anos de rendimento
- Aconselhamento personalizado e assistência pós-venda através do serviço técnico e dos nossos representantes comerciais internacionais
- Pontualidade na entrega
- Reciclagem gratuita dos painéis
- Produtos com certificação de qualidade (TÜV)

* Válido para Alemanha, Áustria, Bélgica, Dinamarca, Espanha, Finlândia, França, Holanda, Itália, Luxemburgo, Polónia, Portugal, República Checa, Suécia, Suíça

Características eléctricas – valores típicos

Classe do painel (±3%)	P_{max}	230 Wp ⁺	225 Wp	220 Wp	215 Wp ⁺⁺
Rendimento do painel		14,02%	13,72%	13,41%	13,11%
Tensão nominal	U_{npp}	28,80 V	28,30 V	28,10 V	27,50 V
Corrente nominal	I_{npp}	8,00 A	7,95 A	7,85 A	7,82 A
Tensão de circuito aberto	U_{oc}	36,40 V	36,00 V	35,80 V	35,60 V
Corrente de curto-circuito	I_{sc}	8,75 A	8,70 A	8,60 A	8,59 A

Os valores acima mencionados são válidos para uma irradiação de 1.000 W/m², AM 1.5 e uma temperatura de célula de 25°C (condições normais de teste). Os valores acima mencionados estão sujeitos às tolerâncias de fabrico. Estão disponíveis os respectivos protocolos de medição a utilizar no planeamento da instalação.

Coefficientes de temperatura

Ct tensão de circuito aberto	-0,33%/K
Ct corrente de curto-circuito	0,03%/K
Ct da potência	-0,43%/K

Características mecânicas

Dimensões (CxLxA)	1.640 x 1.000 x 42 mm
Peso	23,5 kg
Caixa de ligações	1 caixa SOLON ED II com 3 diodos de bypass
Cabo de conexão	Cabo solar, 900 mm de comprimento, 4 mm ² , pré-confeccionados com ficha MC-4
Vidro frontal	Vidro branco temperado de segurança, 4 mm
Células solares	60 células monocristalinas Si 6,2" (156 x 156 mm), 2 BB & 3 BB
Lado posterior	EVA (Etileno Vinilo Acetato)
Armação	Folha laminada preta
Rahmen	Perfil de câmara oca em alumínio anodizado com orifícios de drenagem

Condições de funcionamento admissíveis

Intervalo de temperatura	Entre -40°C e +85°C
Tensão máxima do sistema	1.000 V
Carga de teste	Testado até 5.400 Pa segundo IEC 61215 (teste ampliado)
Resistência ao granizo	Até um diâmetro de 28 mm e uma velocidade de impacto de até 86 km/h

Garantia e certificações

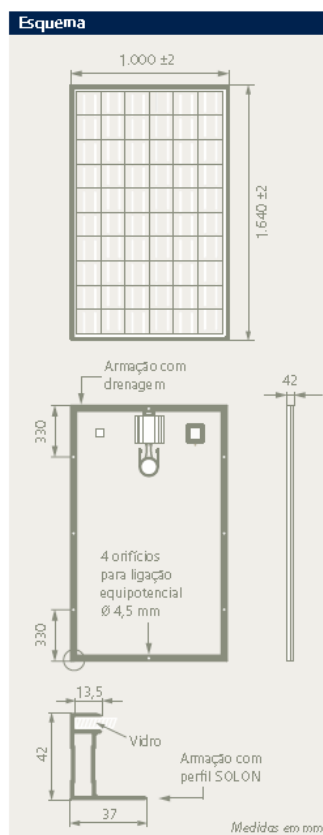
Garantia do produto	10 anos
Garantia de rendimento	Rendimento do painel de 90% durante um período de 10 anos e de 80% durante um período de 25 anos
Homologação e certificação	TÜV: IEC 61215 edição II, IEC 61730

SOLON SE
Am Studio 16
12489 Berlin - Germany

SOLON S.p.A.
Via de l'Industria e dell'Artigianato 2
35010 Camignano di Brenta PD - Italy

Phone +49 30 81879-0
Fax +49 30 81879-9999
E-Mail component.s@solon.com

Phone +39 049 9458200
Fax +39 049 9458299
E-Mail solon.it@solon.com



O seu concessionário

Para mais informações sobre os produtos SOLON, consulte a nossa página da internet www.solon.com. Estamos disponíveis para aconselhamento personalizado.

Figura I.8 – Características eléctricas e dimensionais dos painéis Solon Black modelo 230/02

I.1. EXEMPLO DE CÁLCULO**EXEMPLO DE CÁLCULO PARA O VALOR DE NÚMERO DE PAINÉS PARA OPÇÃO 1:**

$$N^{\circ}\text{painéis} = \frac{P_{\text{pico inversor}}}{P_{\text{máx.painel}} \times \text{eficiência}}$$

VALOR DA POTÊNCIA PICO DO INVERSOR

Através da figura I.1, pode-se retirar o valor da potência pico do inversor que é de 3680 W.

VALOR DA POTÊNCIA MÁXIMA DO PAINEL

Tal como se pode observar na figura I.2, concluiu-se que o valor da potência máxima do painel BP Solar correspondente à opção 1 é de 175 W.

CÁLCULO DA EFICIÊNCIA

Da figura I.2, pode-se ver que as perdas (Power tolerance) apresentam um valor de $\pm 5\%$; logo a eficiência será de 95%.

Assim, substituindo na equação, fica:

$$N^{\circ}\text{painéis} = \frac{3680}{175 \times 0.95} \Leftrightarrow N^{\circ}\text{painéis} = 22$$

1.2. CÁLCULO DO ORÇAMENTO PARA ENERGIA PRODUZIDA PELO SISTEMA ELETROPRODUTOR

Tabela I.1 - Orçamentos dos diversos fornecedores de módulos fotovoltaicos para a implementação de um sistema eletroprodutor

Opção	Designação	Quantidade	Preço unitário (€)	Preço total com IVA (12%) (€)
1	Módulos fotovoltaicos BP Solar	22	525	12936
	Inversor solar SB 3800	1	1873,5	2098,32
	Estrutura de suporte Zhetler	1	936	1048,32
	Disjuntor protecções DC e AC	1	127,5	142,8
	Cabo solar 4 mm ² (m)	30	1,65	55,44
	Cabo principal (3x16) mm (m)	50	8,5	476
	Fio terra (m)	30	5,6	188,16
	Projecto, montagem e custos de certificação	1	1400	1568
				18.513,0
2	Módulos Sunpower	17	880	
	Inversor solar SB 3800	1	1873,5	
	Estrutura de suporte Zhetler	1	936	
	Disjuntor protecções DC e AC	1	127,5	
	Cabo solar 4 mm ² (m)	30	1,65	
	Cabo principal (3x16) mm (m)	50	8,5	
	Fio terra (m)	30	5,6	
	Projecto, montagem e custos de certificação	1	1400	
				22.332,2
3	Módulos SunTech 260/AC	16	810	
	Inversor solar SB 3800	1	1873,5	
	Estrutura de suporte Zhetler	1	936	
	Disjuntor protecções DC e AC	1	127,5	
	Cabo solar 4 mm ² (m)	30	1,65	
	Cabo principal (3x16) mm (m)	50	8,5	
	Fio terra (m)	30	5,6	
	Projecto, montagem e custos de certificação	1	1400	
	TOTAL			20.092,2
4	Módulos Solon Black 230/07	19	798	
	Inversor solar SB 3800	1	1873,5	
	Estrutura de suporte Zhetler	1	936	
	Disjuntor protecções DC e AC	1	127,5	
	Cabo solar 4 mm ² (m)	30	1,65	
	Cabo principal (3x16) mm (m)	50	8,5	
	Fio terra (m)	30	5,6	
	Projecto, montagem e custos de certificação	1	1400	
				22.558,5

J. EXEMPLOS DE CÁLCULO PARA A A ENERGIA GEOTÉRMICA

J.1. VALORES MÉDIOS DAS TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA DE ÁGUA, DO AR EXTERIOR E DE ÁGUA DOS MOLDES

A partir dos registos diários realizados peça equipa de manutenção, elaboraram-se os gráficos onde se pode analisar os valores médios das temperaturas de entrada e saída dos quatro refrigeradores e temperaturas exterior e da água dos moldes.

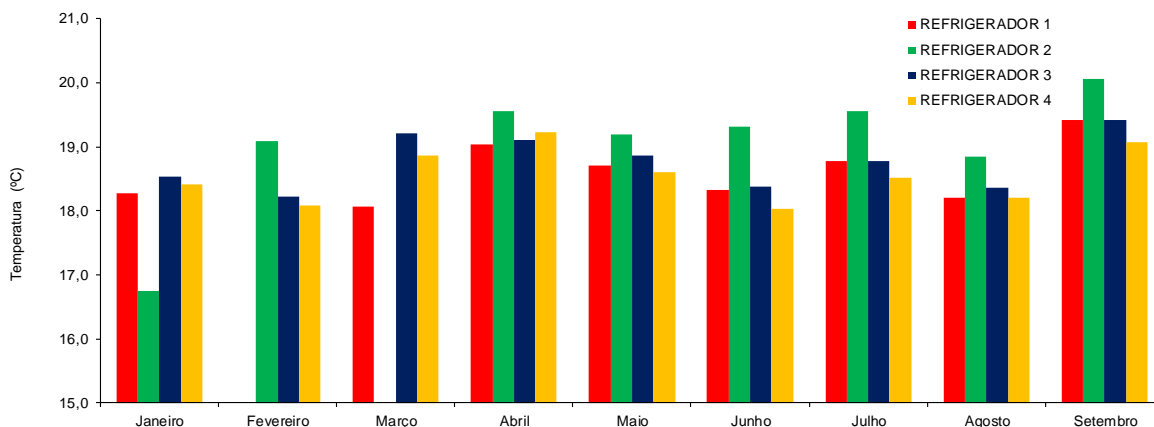


Figura J.1 – Valores médios das temperaturas de entrada dos quatro refrigeradores de Janeiro a Setembro de 2010

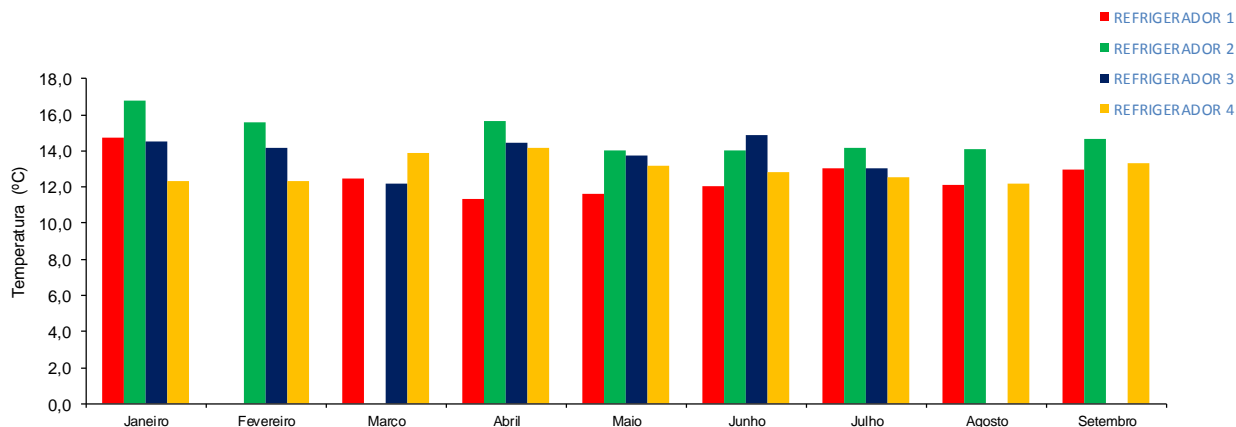


Figura J.2 - Valores médios das temperaturas de saída dos quatro refrigeradores de Janeiro a Setembro de 2010

Através do simulador fornecido e explicado pelo fornecedor é exposto na figura J.3. Insere-se os valores das temperaturas média do ar exterior (17°C), assim como da água dos moldes calculadas a partir dos registos diários tal como exemplificado na figura A.1.

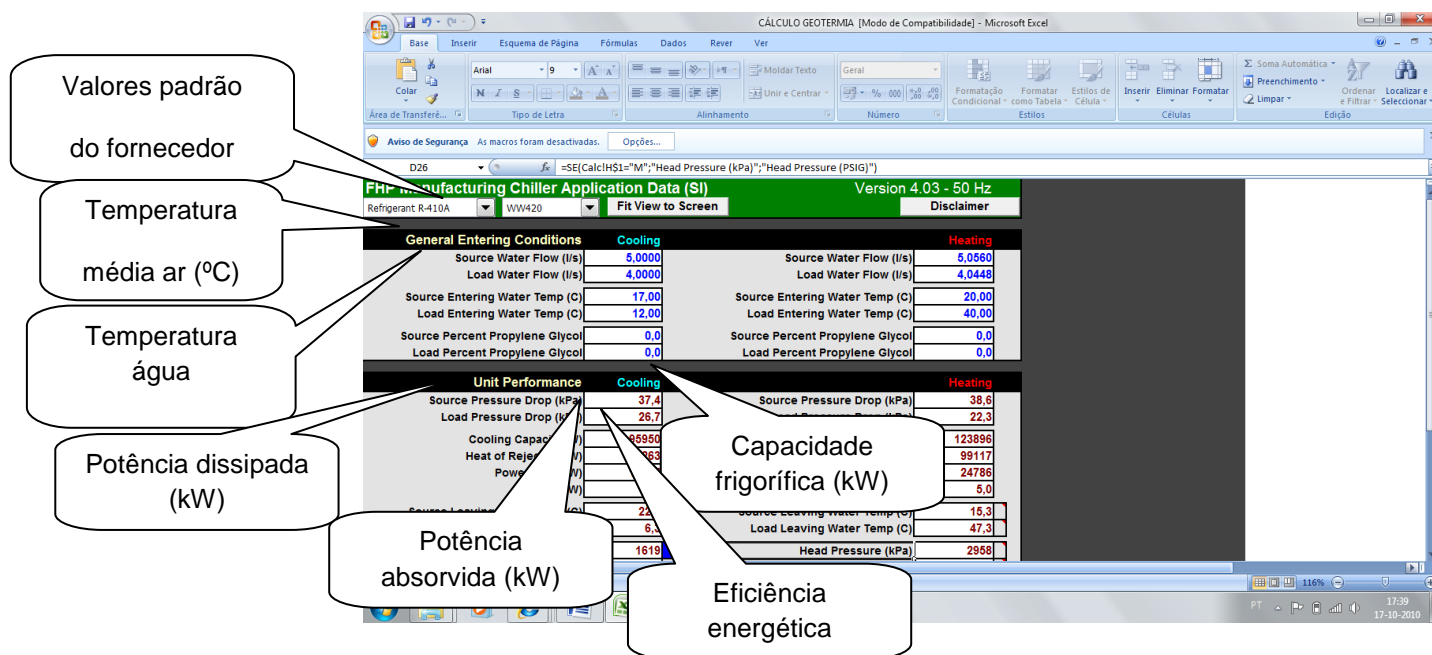


Figura J.3- Exemplificação no simulador do fornecedor de bombas geotérmicas

J.2. CÁLCULO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 1 NO DIA 16 DE SETEMBRO DE 2010

Através de um balanço de massa e energia genérico da equação (22) e reportando ao refrigerador 1, vem :

$$Q_1 = \dot{m}_1 \times C_{p1} \times (T_{e1} - T_{s1}) \quad (1)$$

CÁLCULO DO CAUDAL MÁSSICO DE ÁGUA NO REFRIGERADOR 1 : \dot{m}_1 :

Tendo em conta que a partir das curvas características das bombas se determina o caudal volumétrico ter-se-á posteriormente de converter para o caudal mássico. Assim, vem:

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{V}_1 \times \rho}{3600} \quad (2)$$

CÁLCULO DO CAUDAL VOLUMÉTRICO DE ÁGUA NO REFRIGERADOR 1- \dot{V}_1 :

Colocou-se um analisador de energia elétrica na bomba do refrigerador 1, obtendo-se os seguintes valores:

$$I_1 - 15,5 \text{ A}$$

$$I_2 - 16,4 \text{ A}$$

$$I_3 - 15,6 \text{ A}$$

$$I_{\text{médio}} = 15,8 \text{ A}$$

Sabendo que se trata de uma instalação trifásica, vem:

$$P = \sqrt{3} \times \cos\varphi \times I \times 400 \Leftrightarrow P = \sqrt{3} \times 0,77 \times 15,8 \times 400 \Leftrightarrow P_1 = 8,4 \text{ kW}$$

Oteve-se um valor de potência absorvida de 8,4 kW, assumindo um fator de potência igual ao refrigerador 3, tal como se pode na figura J.4 que representa a curva característica da bomba da marca Calpeda e modelo 65/16CE, vem:

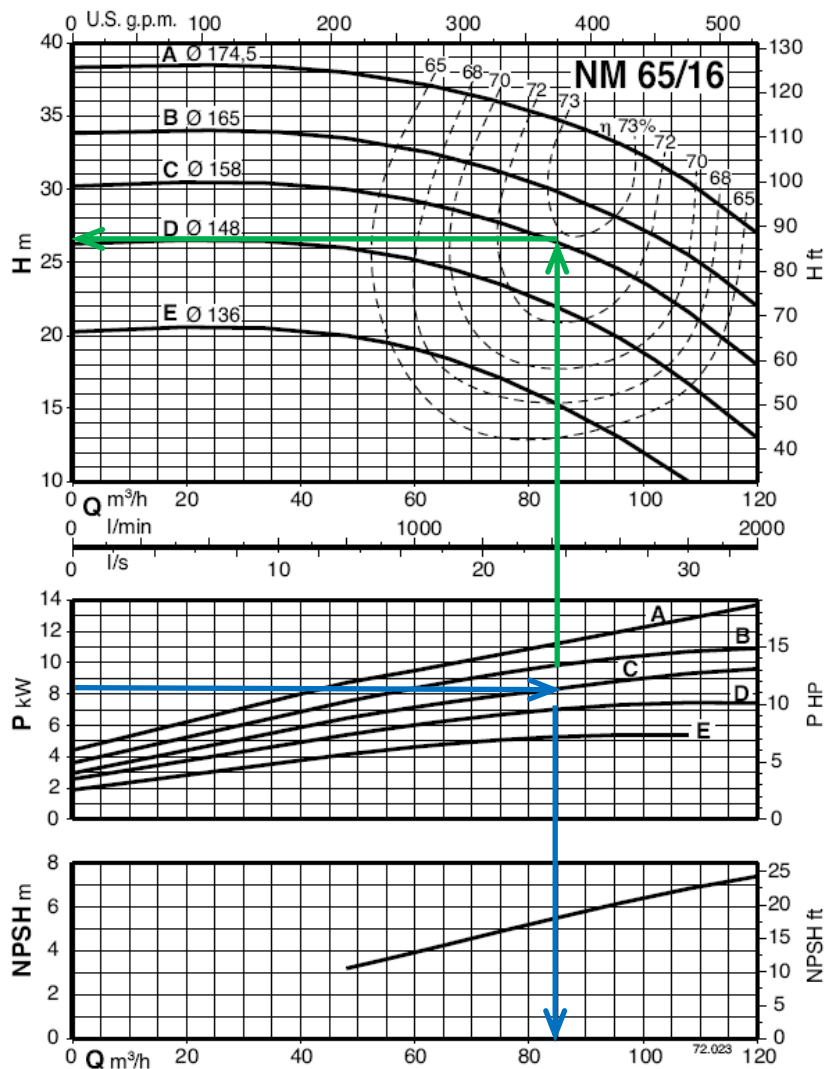


Figura J.4 - Determinação do caudal volumétrico \dot{V}_1 no refrigerador 1

Oteve-se um valor de \dot{V}_1 de $85 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ e uma altura manométrica de 26 m.

CÁLCULO DE ρ_1 :

Com o apoio da figura I2, onde se pode retirar os valores das temperaturas de entrada e de saída do refrigerador 1 que são 19,5°C e 12,8°C, respectivamente. Assim, obter-se-á um valor de temperatura média de 16°C. Com base na tabela I.3 fez-se uma regressão linear, sabendo que:

$$T=15^{\circ}\text{C} \Rightarrow \rho=999,1 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

$$T=20^{\circ}\text{C} \Rightarrow \rho=998,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Logo, como a variação é muito pequena entre estes dois pontos pode-se admitir que se trata de uma recta; através de uma interpolação linear da seguinte forma:

$$(20-15)/(20-16)=(998,2-999,1)/(998,2 - x) \text{ logo:}$$

$$\rho_1 (16^{\circ}\text{C})=998,92 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Tabela J.1 – Massa volúmica da água a diversas temperaturas

Temp- erature, °C	Specific weight γ , kN/m ³	Density ^b ρ , kg/m ³	Modulus of elasticity ^b $E/10^6$, kN/m ²	Dyamic viscosity, $\mu \times 10^3$, N·s/m ²	Kinematic viscosity, $\nu \times 10^6$, m ² /s	Surface tension ^c σ , N/m	Vapor pressure P_v , kN/m ²
0	9.805	999.8	1.98	1.781	1.785	0.0765	0.61
5	9.807	1000.0	2.05	1.518	1.519	0.0749	0.87
10	9.804	999.7	2.10	1.307	1.306	0.0742	1.23
15	9.798	999.1	2.15	1.139	1.139	0.0735	1.70
20	9.789	998.2	2.17	1.002	1.003	0.0728	2.34
25	9.777	997.0	2.22	0.890	0.893	0.0720	3.17
30	9.764	995.7	2.25	0.798	0.800	0.0712	4.24
40	9.730	992.2	2.28	0.653	0.658	0.0696	7.38
50	9.689	988.0	2.29	0.547	0.553	0.0679	12.33
60	9.642	983.2	2.28	0.466	0.474	0.0662	19.92
70	9.589	977.8	2.25	0.404	0.413	0.0644	31.16
80	9.530	971.8	2.20	0.354	0.364	0.0626	47.34
90	9.466	965.3	2.14	0.315			
100	9.399	958.4	2.07	0.282			

^a Adapted from Vennard and Street (1975).

$$\dot{m}_1 = \frac{\dot{V}_1 \times \rho}{3600} \Leftrightarrow \dot{m}_1 = \frac{85 \times 998,92}{3600} \Leftrightarrow \dot{m}_1 = 23,59 \frac{\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{s}}{\text{h}}} = \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

CÁLCULO DE CP_1 :

Na tabela J.2, pode-se retirar o valor de C_p água a 16°C que tal como no ponto anterior se assumiu a temperatura de 16°C [74]

Tabela J.2 – Calor específico da água em várias temperaturas

Temperature °C cal./g/°C	Specific Heat J/g/°C	Temperature °C cal./g/°C	Specific Heat J/g/°C
0	1.00738 4.2177	29	0.99804 4.1786
1	1.00652 4.2141	30	0.99802 4.1785
2	1.00571 4.2107	31	0.99799 4.1784
3	1.00499 4.2077	32	0.99797 4.1783
4	1.00430 4.2048	33	0.99797 4.1783
5	1.00368 4.2022	34	0.99795 4.1782
6	1.00313 4.1999	35	0.99795 4.1782
7	1.00260 4.1977	36	0.99797 4.1783
8	1.00213 4.1957	37	0.99797 4.1783
9	1.00170 4.1939	38	0.99799 4.1784
10	1.00129 4.1922	39	0.99802 4.1785
11	1.00093 4.1907	40	0.99804 4.1786
12	1.00060 4.1893	41	0.99807 4.1787
13	1.00029 4.1880	42	0.99811 4.1789
14	1.00002 4.1869	43	0.99816 4.1791
15	0.99976 4.1858	44	0.99819 4.1792
16	0.99955 4.1849	45	0.99826 4.1795
17	0.99933 4.1840	46	0.99830 4.1797
18	0.99914 4.1832	47	0.99835 4.1799

$$\text{Logo } Cp_1 = 4.185 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} = 4185 \frac{\text{J}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$$

DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA NO REFRIGERADOR 1:

Como se pode observar na figura A.1, retirar-se-á desses registos diários as temperaturas de entrada e saída do refrigerador em causa (neste caso $T_{e1} = 19,5^\circ\text{C}$ e $T_{s1} = 12,8^\circ\text{C}$).

Há agora condições para determinar a respectiva potência de arrefecimento para o refrigerador 1; da equação 1 vem:

$$Q_1 = 23,59 \times 4185 \times (19,5 - 12,8) \Leftrightarrow Q_1 = 661\,732\, \text{W}$$

J.3. CÁLCULO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 2 NO DIA 16 DE SETEMBRO DE 2010:

Partindo da equação [22] e reportando ao refrigerador 2, vem :

$$Q_2 = \dot{m}_2 \times C_{p2} \times (T_{e2} - T_{s2}) \quad (3)$$

CÁLCULO DO CAUDAL MÁSSICO DE ÁGUA NO REFRIGERADOR 2 - \dot{m}_2 :

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{V}_2 \times \rho_2}{3600}$$

CÁLCULO DO CAUDAL VOLUMÉTRICO DE ÁGUA DE NO REFRIGERADOR 2- \dot{V}_2 :

Assim como se procedeu no refrigerador 1, fez-se de igual forma para este refrigerador:

$$I_1 - 14,6 \text{ A}$$

$$I_2 - 14,8 \text{ A}$$

$$I_3 - 15,4 \text{ A}$$

$$I_{\text{médio}} = 14,9 \text{ A}$$

Tal como no refrigerador 1 e não esquecendo que se trata de uma instalação trifásica:

$$P = \sqrt{3} \times \cos\varphi \times I \times 400 \Leftrightarrow P = \sqrt{3} \times 0,77 \times 14,9 \times 400 \Leftrightarrow P_2 = 7,9 \text{ kW}$$

Oteve-se um valor de potência absorvida de 7,9 kW, assumindo um fator de potência igual ao refrigerador 3, tal como se pode na figura J.5.

Através da curva característica da bomba da marca Calpeda e modelo NM65/16CE na figura J.5 , vem:

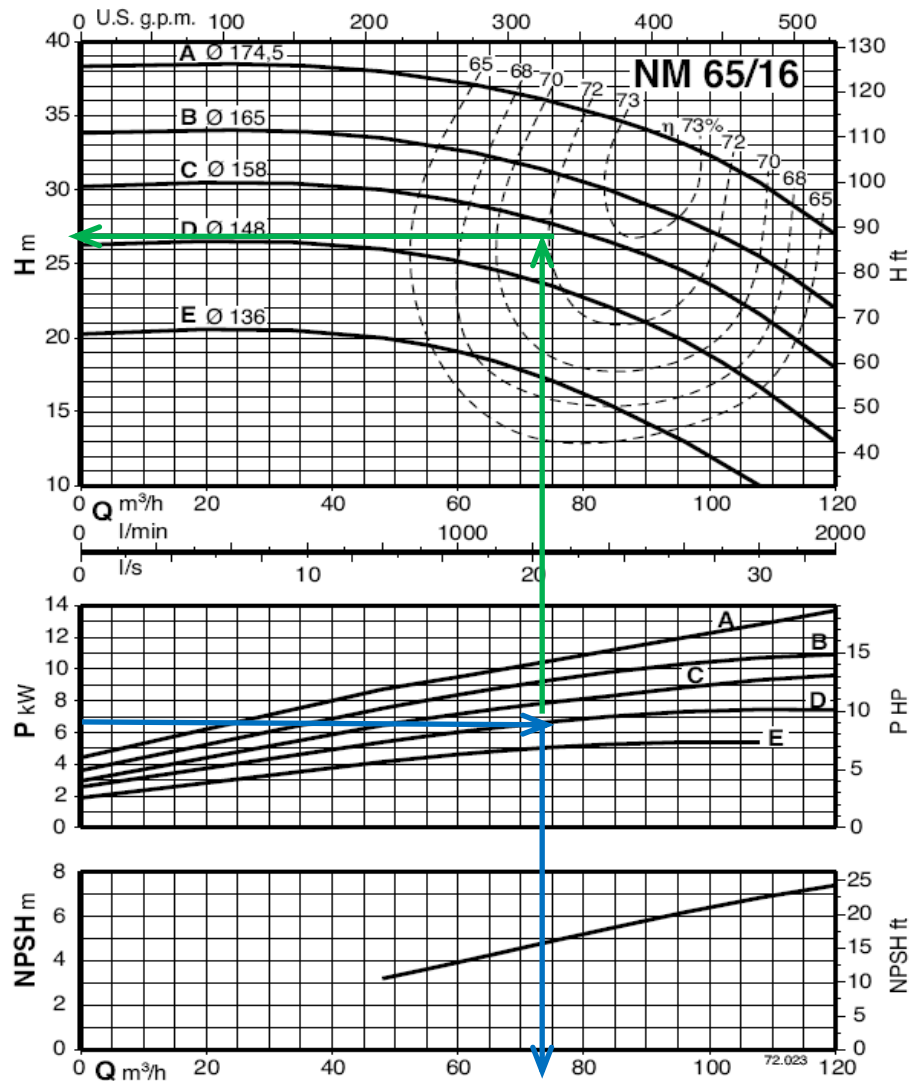


Figura J.5 - Determinação do caudal volumétrico \dot{V}_2 no refrigerador 2

Oteve-se um valor de \dot{V}_2 de 73 $\frac{m^3}{h}$ e uma altura manométrica de 27,5 m.

CÁLCULO DE ρ_2 :

Com o apoio da figura A.1, onde se pode retirar os valores das temperaturas de entrada e de saída do refrigerador 2 que são de 20,3 °C e 14,9 °C, respetivamente, levando--se a atingir uma valor médio de 17,6°C. Tal como no refrigerador 1 e através da tabela J.1, fica:

$$T=15^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow \rho=999,1 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$T=20^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow \rho=998,2 \text{ kg.m}^{-3}$$

Logo, como a variação é muito pequena entre estes dois pontos pode-se admitir que se trata de uma reta; através de uma interpolação linear da seguinte forma:

$$(20-15)/(20-17,6)=(998,2-999,1)/(998,2 - x) \text{ logo:}$$

$$\rho_2 (17,6^{\circ}\text{C})=998,63 \text{ kg.m}^{-3}$$

.

Calculando \dot{m}_2 :

$$\dot{m}_2 = \frac{\dot{V}_2 \times \rho_2}{3600} \Leftrightarrow \dot{m}_2 = \frac{73 \times 998,63}{3600} \Leftrightarrow \dot{m}_2 = 20,25 \frac{\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{s}}{\text{h}}} = \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

CÁLCULO DE C_{P2} :

À semelhança do refrigerador 1, a partir da tabela, o valor de C_{p2} obtido foi de $4183 \frac{\text{J}}{\text{kg.}^{\circ}\text{C}}$ através da tabela J.2 com a ajuda da regressão linear.

DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA NO REFRIGERADOR 2:

Consultando o anexo A na figura A.1, poder-se-á retirar desses registos diários as temperaturas de entrada e saída do refrigerador em causa (neste caso 1):

$$T_{e2} = 20,3 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ e } T_{s2} = 14,9^{\circ}\text{C}$$

Há agora condições para determinar a respectiva potência de arrefecimento para o refrigerador 2; da equação 46 vem:

$$Q_2 = 20,25 \times 4183 \times (20,3-14,9) \Leftrightarrow Q_2 = 457411 \text{ W}$$

J.4. CÁLCULO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 3 NO DIA 16 DE SETEMBRO DE 2010:

Partindo da equação (22) e reportando ao refrigerador 3, vem :

$$Q_3 = \dot{m}_3 \times C_{p3} \times (T_{e3} - T_{s3}) \quad (4)$$

CÁLCULO DO CAUDAL MÁSSICO DE ÁGUA NO REFRIGERADOR 3 - \dot{m}_3

Tal como nos refrigeradores 1 e 2:

$$\dot{m}_3 = \frac{\dot{V}_3 \times \rho_3}{3600} \quad (5)$$

CÁLCULO DE ρ_3 :

Com o apoio da figura A.1, onde se pode retirar os valores das temperaturas de entrada e de saída do refrigerador 2 que são de 19,5 °C e 15,2 °C, respetivamente, levando-se a atingir um valor médio de 17,4°C. Tal como no refrigerador 1 e através da tabela J.1 fica:

$$T=15^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow \rho=999,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$T=20^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow \rho=998,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Logo, como a variação é muito pequena entre estes dois pontos pode-se admitir que se trata de uma reta; através de uma interpolação linear da seguinte forma:

$$(20-15)/(20-17,6)=(998,2-999,1)/(998,2 - x) \text{ logo:}$$

$$\rho_3 (17,4^{\circ}\text{C})=998,67 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Logo:

$$\dot{m}_3 = \frac{\dot{V}_3 \times \rho_3}{3600} \Leftrightarrow \dot{m}_3 = \frac{73 \times 998,67}{3600} \Leftrightarrow \dot{m}_3 = 20,25 \frac{\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \times \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}{\frac{\text{s}}{\text{h}}} = \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

CÁLCULO DE C_{p3} :

Tal como no cálculo de C_{p1} e C_{p2} , ir-se-á obter o resultado através de uma regressão linear com base na tabela J.2. Daí, obtém-se um valor de $C_{p3} = 4184 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$

DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS DE ENTRADA E SAÍDA NO REFRIGERADOR 3:

Através da figura A.1, obter-se-á os valores de $T_{e3}=19,5^{\circ}\text{C}$ e de $T_{s3}=15,2^{\circ}\text{C}$. Assim substituindo os respectivos valores na equação (22), ficará:

$$Q_3 = 20,25 \times 4184 \times (19,5-15,2) \Leftrightarrow Q_3 = 364322 \text{ W}$$

J.5. CÁLCULO DA POTÊNCIA DE ARREFECIMENTO PARA O REFRIGERADOR 4 NO DIA 16 DE SETEMBRO 2010:

Partindo da equação (22) e reportando ao refrigerador 4, vem :

$$Q_4 = \dot{m}_4 \times C_{p4} \times (T_{e4} - T_{s4}) \quad (6)$$

CÁLCULO DO CAUDAL MÁSSICO DE ÁGUA NO REFRIGERADOR 4- \dot{m}_4 :

Tal como nos outros refrigeradores:

$$\dot{m}_4 = \frac{\dot{V}_4 \times \rho_4}{3600} \quad (7)$$

CÁLCULO DO CAUDAL VOLUMÉTRICO DE ÁGUA NO REFRIGERADOR 4: \dot{V}_4 :

A bomba associada a este refrigerador trata-se da mesma marca Calpeda mas de modelo NM65/BE. Procedeu-se da mesma forma, isto é, mediu-se alguns registos de 10 em 10 minutos e obteve-se uma potência de 8,5 kW (figura J.8).

<p>microHIP 3 15/07/09 16:47:00</p> <p>V 388 A 16,9 P.F. .73 kW 8,53</p> <p>KVA 11,7 KVAh 7,99 Hz 50,0</p> <p>KWh 0001,54 KVAh 0001,45</p> <p>PEAK MEM KVA 11,7 kW 8,53</p> <p>Phase L1 L2 L3</p> <p>V 230 230 230</p> <p>A 17,0 17,0 16,8</p> <p>W 2,88 2,83 2,82</p>	<p>microHIP 3 15/07/09 17:27:00</p> <p>V 404 A 17,1 P.F. .72 kW 8,55</p> <p>KVA 11,9 KVAh 8,33 Hz 50,0</p> <p>KWh 0007,24 KVAh 0006,93</p> <p>PEAK MEM KVA 12,0 kW 8,64</p> <p>Phase L1 L2 L3</p> <p>V 233 233 233</p> <p>A 17,2 16,8 17,1</p> <p>W 2,86 2,78 2,91</p>
<p>microHIP 3 15/07/09 16:57:00</p> <p>V 406 A 17,0 P.F. .72 kW 8,50</p> <p>KVA 11,8 KVAh 8,12 Hz 50,0</p> <p>KWh 0002,57 KVAh 0002,80</p> <p>PEAK MEM KVA 11,8 kW 8,33</p> <p>Phase L1 L2 L3</p> <p>V 231 231 231</p> <p>A 17,1 16,9 16,9</p> <p>W 2,86 2,89 2,84</p>	<p>microHIP 3 15/07/09 17:37:00</p> <p>V 405 A 17,1 P.F. .71 kW 8,53</p> <p>KVA 12,0 KVAh 8,43 Hz 50,0</p> <p>KWh 0008,66 KVAh 0008,33</p> <p>PEAK MEM KVA 12,0 kW 8,66</p> <p>Phase L1 L2 L3</p> <p>V 234 234 233</p> <p>A 17,2 17,2 17,0</p> <p>W 2,89 2,82 2,83</p>
<p>microHIP 3 15/07/09 17:07:00</p> <p>V 402 A 17,0 P.F. .72 kW 8,53</p> <p>KVA 11,9 KVAh 8,23 Hz 50,0</p> <p>KWh 0004,39 KVAh 0004,17</p> <p>PEAK MEM KVA 11,9 kW 8,63</p> <p>Phase L1 L2 L3</p> <p>V 233 232 232</p> <p>A 17,3 16,7 17,0</p> <p>W 2,86 2,75 2,91</p>	<p>microHIP 3 15/07/09 17:47:00</p> <p>V 406 A 17,2 P.F. .71 kW 8,57</p> <p>KVA 12,1 KVAh 8,53 Hz 50,0</p> <p>KWh 0010,09 KVAh 0009,74</p> <p>PEAK MEM KVA 12,0 kW 8,66</p> <p>Phase L1 L2 L3</p> <p>V 235 235 234</p> <p>A 17,4 17,1 17,1</p> <p>W 2,90 2,79 2,87</p>
<p>microHIP 3 15/07/09 17:17:00</p> <p>V 403 A 17,1 P.F. .72 kW 8,55</p> <p>KVA 11,9 KVAh 8,30 Hz 50,0</p> <p>KWh 0005,01 KVAh 0005,55</p> <p>PEAK MEM KVA 11,9 kW 8,63</p> <p>Phase L1 L2 L3</p> <p>V 233 233 233</p> <p>A 17,2 16,9 17,0</p> <p>W 2,87 2,80 2,86</p>	<p>microHIP 3 15/07/09 17:57:00</p> <p>V 406 A 17,1 P.F. .71 kW 8,54</p> <p>KVA 12,0 KVAh 8,48 Hz 50,0</p> <p>KWh 0011,51 KVAh 0011,16</p> <p>PEAK MEM KVA 12,0 kW 8,67</p> <p>Phase L1 L2 L3</p> <p>V 235 234 234</p> <p>A 17,2 17,2 17,0</p> <p>W 2,87 2,83 2,84</p>

Figura J.8 - Registos de análise elétrica no analisador de rede no refrigerador 4

Com o valor de potência de 8,5 kW e com a curva característica da bomba de marca Calpeda e modelo NM 65/16 na figura J.9, obter-se-á o valor do respectivo caudal volumétrico:

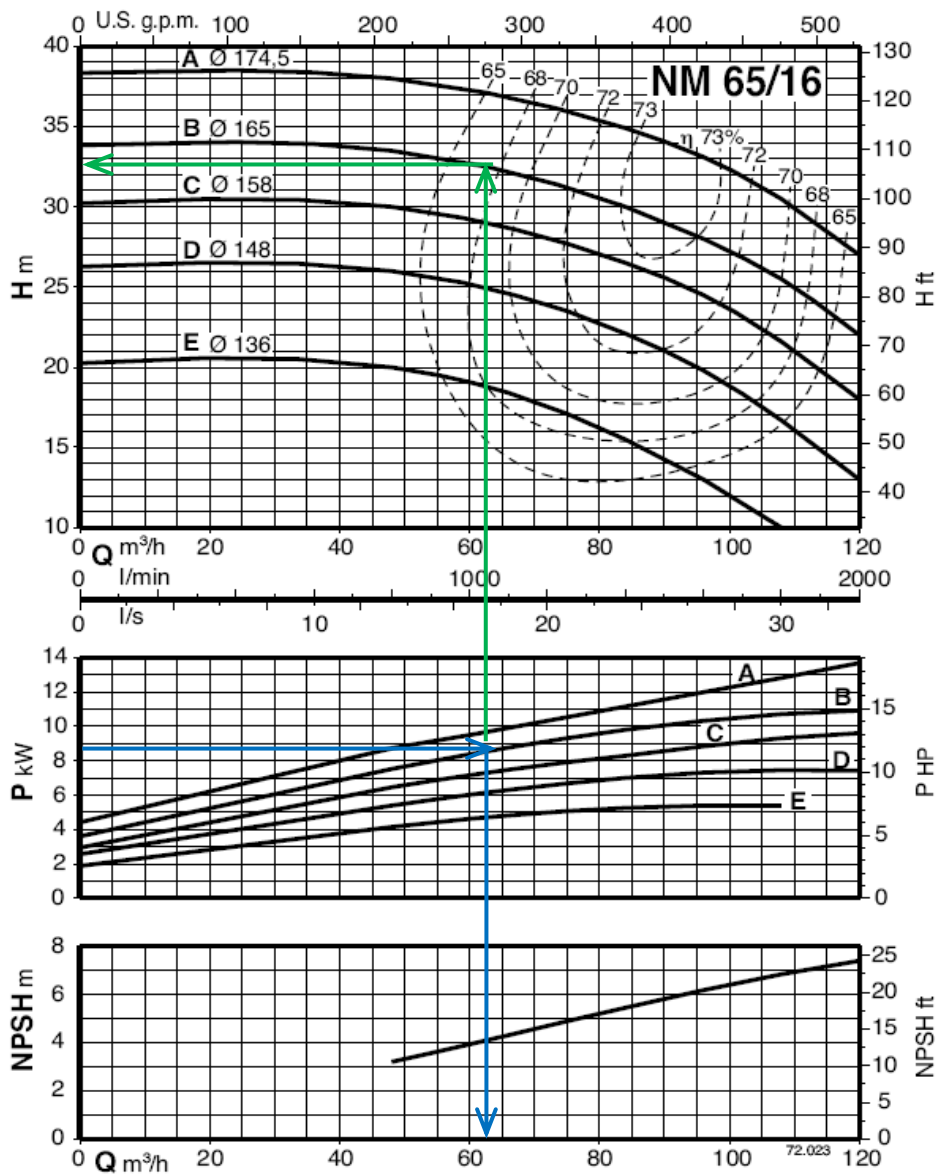


Figura J.9 -Determinação do caudal volumétrico \dot{V}_4 no refrigerador 4

Obteve-se um valor de \dot{V}_4 de $62,5 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$ e uma altura manométrica de 32,5 m.

CÁLCULO DE ρ_4 :

Com o apoio da figura A.1, onde se pode retirar os valores das temperaturas de entrada e de saída do refrigerador 2 que são de 19,3 °C e 13,0 °C, respetivamente, levando-se a atingir um valor médio de 16,2°C. A partir dos dados da tabela J.1 fica:

$$T=15^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow \rho=999,1 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

$$T=20^{\circ}\text{C} \Leftrightarrow \rho=998,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Logo, como a variação é muito pequena entre estes dois pontos pode-se admitir que se trata de uma reta; através de uma interpolação linear da seguinte forma:

$$(20-15)/(20-17,6)=(998,2-999,1)/(998,2 - x) \text{ logo:}$$

$$\rho_4 (16,2^{\circ}\text{C})=998,88 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$$

Substituindo os respectivos valores de \dot{V}_4 e ρ_4 na equação [51], tomará o seguinte aspecto:

$$\dot{m}_4 = \frac{\dot{V}_4 \times \rho_4}{3600} \Leftrightarrow \dot{m}_4 = \frac{62,5 \times 998,88}{3600} \Leftrightarrow \dot{m}_4 = 17,34 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

CÁLCULO DE C_{p4} :

Tal como no cálculo de C_{p1} , C_{p2} e C_{p3} , ir-se-á obter o resultado através de uma regressão linear com base na tabela J.2. Daí, obtém-se um valor de $C_{p4} = 4185 \frac{\text{J}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}$

DETERMINAÇÃO DAS TEMPERATURAS DE ENTRADA E DE SAÍDA NO REFRIGERADOR 4

Através da figura A.1, obter-se-á os valores de $T_{e4} = 19,3^{\circ}\text{C}$ e de $T_{s4} = 13,0^{\circ}\text{C}$

Assim substituindo os respectivos valores na equação (50), fica:

$$Q_4 = 17,34 \times 4185 \times (19,3-13,0) \Leftrightarrow Q_4 = 457178 \text{ W}$$

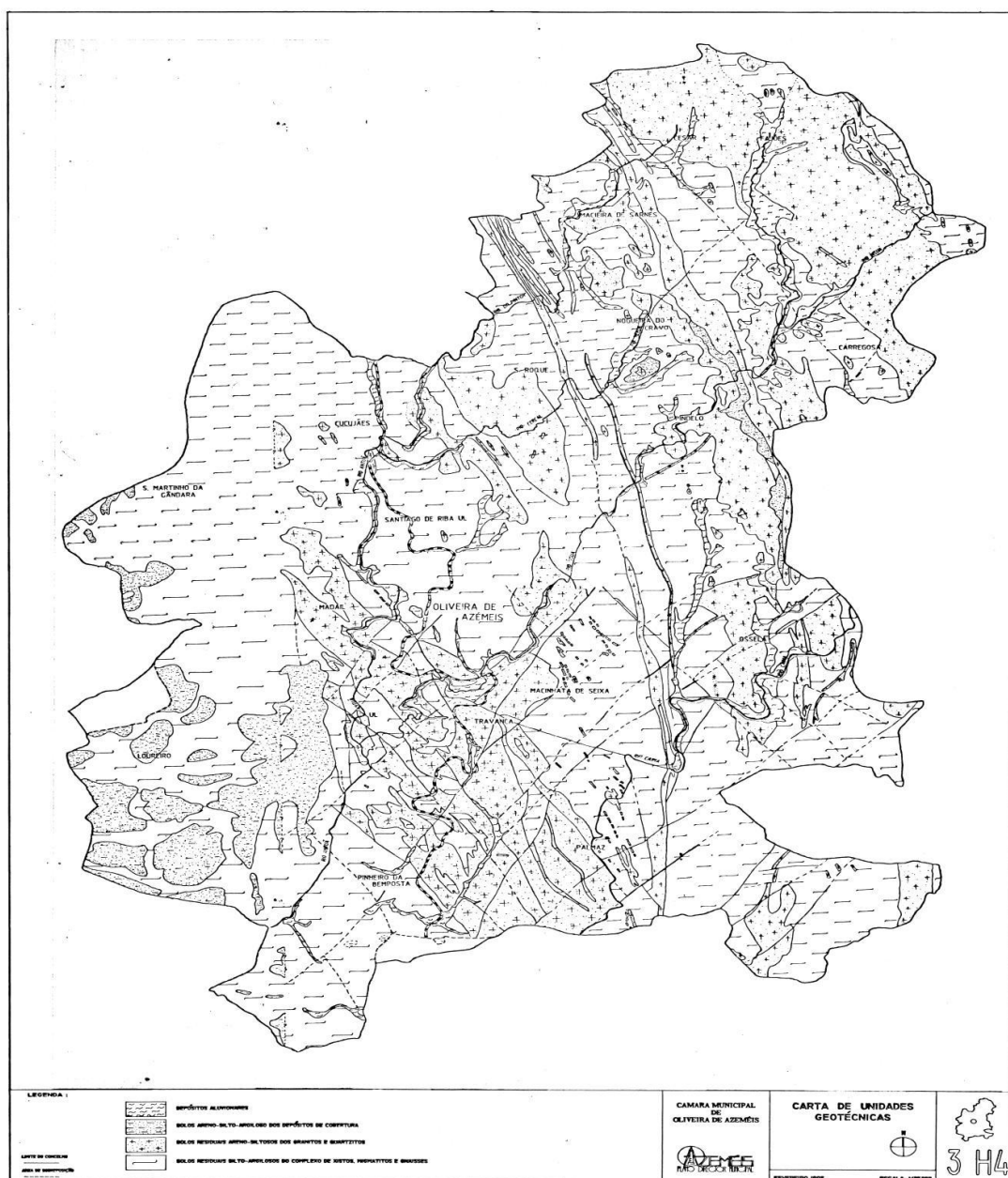
J.6. CARTA GEOTÉCNICA DO CONCELHO DE OLIVEIRA DE AZEMÉIS

Figura J.10 – Carta geotécnica do concelho de Oliveira de Azeméis